

Julius Elfving

KIINTEIDEN POLTTOAINEIDEN TOIMITUSKETJUN HALLINTA TEOLLISESSA INTERNETISSÄ

Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Diplomityö
Lokakuu 2019

TIIVISTELMÄ

Julius Elfving: Kiinteiden polttoaineiden toimitusketjun hallinta teollisessa internetissä
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Ympäristö- ja energiatekniikan koulutusohjelma
Lokakuu 2019

Tässä diplomityössä tutkittiin teollisen internetin mahdollisuuksia kiinteiden polttoaineiden toimitusketjun hallinnassa, polttoaineen toimitusketjuun liittyviä sidosryhmiä sekä teollisen internetin sovelluksiin liittyviä liiketoimintamalleja. Aihepiiriin tutustuttiin kirjallisuuden ja asiantuntijahaastatteluiden avulla. Lisäksi diplomityössä kehitettiin Valmetin teollisen internetin ympäristöön Valmet DNA Fuel Chain Management -sovellus polttoainetietojen raportointiin voimalaitoksille ja polttoaineen toimittajille. Sovellus kehitettiin yhteistyössä Seinäjoen Voiman ja Vaskiluodon Voiman kanssa.

Kiinteitä polttoaineita, kuten metsähaketta ja turvetta, toimitetaan voimalaitoksille kuorma-autoilla. Tietoja yksittäisestä polttoainekuormasta löytyy niin polttoaineen toimittajalta, kuorman vastaanottavalta voimalaitokselta, kuorman kuljettavalta logistiikkayhtiöltä kuin myös polttoaineen ominaisuudet analysoivalta laboratoriolta. Näiden tiedonpalasten yhdistäminen on tärkeää esimerkiksi laskutuksen ja viranomaisvaatimusten takia. Teollinen internet helpottaa polttoaineiden toimitusketjun eri osapuolten tietojärjestelmien integroimista keskenään, jolloin polttoainetietojen välittäminen järjestelmästä toiseen on saumatonta. Automaattinen tiedonvälitys parantaa muun muassa toimitusketjun jäljitettävyyttä sekä helpottaa laskutusta.

Avainsanat: Teollinen internet, kiinteä polttoaine, polttoaineen toimitusketju

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -ohjelmalla.

ABSTRACT

Julius Elfving: Delivery management for solid fuels in industrial internet
Master of Science Thesis
Tampere University
Degree Programme in Environmental and Energy Engineering
October 2019

This thesis is about the possibilities of industrial internet in solid fuel delivery management, the stakeholders involved in fuel supply chain and business models used in industrial internet applications. The topic was studied from literature and by interviewing experts. Also a new application Valmet DNA Fuel Chain Management was developed as part of Valmet's industrial internet offering. The application is used for reporting fuel information for power plants and fuel suppliers. The application was developed in co-operation with two Finnish power plants Seinäjoen Voima and Vaskiluodon Voima.

Solid fuels like forest fuelwood and peat are brought to power plants by trucks. Pieces of information about each fuel load are stored in different places. Parts of the information are on the fuel supplier, logistics company, power plant and also on the laboratory that analyses the fuel. Bringing together these pieces of information is important for example for invoicing and because of authority requirements. Industrial internet makes it easier to share this information between different parties by integrating their information systems. Automating this information sharing increases the traceability of the supply chain and makes the invoicing easier.

Keywords: Industrial internet, solid fuel, fuel supply chain

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Suuret kiitokset Valmetin puolesta diplomityötä ohjanneille Jussi Lautalalle ja Janne Koi-vuniemelle sekä Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen kehityksessä autta-neelle Atte Nopaselle. Suuret kiitokset myös Tampereen yliopiston puolesta diplomityötä ohjanneelle Jukka Konttiselle sekä työn toiselle tarkastajalle Henrik Tolvaselle.

Suurimmat kiitokset kuuluvat vaimolleni Sannalle, joka on tukenut minua koko opintojeni ajan.

Tampereella, 29. lokakuuta 2019

Julius Elfving

SISÄLLYSLUETTELO

1	Johdanto	1
2	Työn lähtökohdat	3
2.1	Energiantuotanto Suomessa	3
2.2	Yleiskuvaus voimalaitoksesta	6
2.3	Polttoaineen toimitusketju ja ominaisuudet	6
2.3.1	Polttoaineen vastaanotto voimalaitoksella	7
2.3.2	Metsähakkeen toimitusketju ja ominaisuudet	8
2.3.3	Turpeen toimitusketju ja ominaisuudet	12
2.3.4	Polttoaineen vaikutus kattilan korroosioon	13
2.4	Sähköntuotannon tuet Suomessa	14
2.5	Järeän puun tuotantotuen raja	17
2.6	Teollinen internet	19
2.7	Liitynnät järjestelmien välillä	20
2.7.1	Liitynnät metsäteollisuudessa	20
2.7.2	Tieto Forest Hub	21
3	Haastattelut	25
3.1	Teollisen internetin mahdollisuudet polttoaineiden toimitusketjun hallinnassa	25
3.2	Polttoaineen toimitusketjuun kuuluvat sidosryhmät	28
3.3	Teollisen internetin sovelluksen kustannukset	30
3.4	Teollisen internetin ansaintamallit	31
4	Valmet DNA Fuel Chain Management	34
4.1	Polttoainetietojen kerääminen voimalaitokselta	34
4.2	Liitynnät polttoaineen toimittajien järjestelmiin	35
4.2.1	Ennakkoviesti	36
4.2.2	Analyysiviesti	37
4.2.3	ForestPro-liityntä	37
4.2.4	Forest Hub -liityntä	39
4.3	Käyttäjärühmät	40
4.4	Järeän puun tuotantotuen raja	41
4.5	Liiketoimintamalli	44
4.5.1	Sovelluksen kustannukset	44
4.5.2	Sovelluksen ansaintamallit	46
4.6	Sovelluksen käyttöönoton tilanne	48
5	Kehittämismahdollisuuksia	49
5.1	Tiedonkulku	49
5.2	Polttoaineraportointi	52

6	Yhteenveto	54
6.1	Teollisen internetin mahdollisuuksien yhteenveto	54
6.2	Toimitusketjun sidosryhmien yhteenveto	54
6.3	Liiketoimintamallien yhteenveto	55
	Lähteet	56

KUVALUETTELO

2.1 Suomen sähköntuotanto energialähteittäin vuonna 2017 (Energiateollisuus ry 2018)	4
2.2 Sähkön tuotannon ja tuonnin aikavaihtelu 2018 (Energiateollisuus ry 2019)	5
2.3 Polttoaineen toimitusketjuun kuuluvat osapuolet.	6
2.4 Metsähakkeen toimitusketjuun kuuluvat osapuolet ja toiminnot.	9
2.5 Metsätähdehakkeen korjuumenetelmät (Alakangas et al. 2016)	10
2.6 Metsähakkeen tuotantoketjujen osuudet yhteensä vuosina 2004–2017 (Strandström 2018).	11
2.7 Metsähakkeen syöttötariffi päästöoikeuden funktiona, kun turpeen vero on 1,90 €/MWh	15
2.8 Metsähakkeelle maksettu syöttötariffi ja sähkön markkinahinta vuodesta 2013 alkaen (Energiavirasto 2019)	16
2.9 Kokopuu- ja rankahakkeen tuotantotuen muutos (Energiavirasto 2015)	18
2.10 Esimerkki DeliveryMessage-viestistä (papiNet 2019b)	22
2.11 Yksittäisen sanoman tiedonkulku Forest Hubissa. Mukailtu lähteestä (Tieto 2018)	24
3.1 Yhteisen sovelluksen käyttäminen helpottaa logistiikkaketjun eri osapuolten välistä kommunikaatiota.	29
3.2 Suorituskykyperusteisessa hinnoittelumallissa hinta seuraa sovelluksen tuotmaa suorituskykyä.	33
4.1 Tiedonkulku Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksessa	36
4.2 Forest Hubin koodikonversiot määrittellään web-sovelluksen avulla (Tieto 2019).	39
4.3 Kokopuu- ja rankahakkeen tukiluokka voidaan määrittellä toimittajakohtaisena kuukausikeskiarvona.	43
4.4 Tukiraportilla näytetään tuettavien polttoaineiden energiasisältö.	44
5.1 Nykyisessä mallissa ennakkoviestiä ei välitetä voimalaitokselle.	51
5.2 Tiedonkulkua voitaisiin muuttaa niin, että ennakkoviesti lähetettäisiin voimalaitokselle asti.	51
5.3 Ennakkoviestien ja analyysiviestien lähettäminen on mahdollista myös polttoaineen toimittajan ja voimalaitosten järjestelmien välillä.	51

TAULUKKOLUETTELO

2.1	Metsähakkeen syöttötariffin määräytyminen	15
4.1	Esimerkki tukiluokan laskemisesta ennakkoviestin perusteella	42

LYHENTEET JA MERKINNÄT

AWS	Amazon Web Services
BI	Business Intelligence
CHP	Combined Heat and Power, sähkön ja lämmön yhteistuotanto
CSV	comma-separated values
HTTPS	Hypertext Transfer Protocol Secure
IIoT	Industrial Internet of Things
SFTP	SSH File Transfer Protocol
StanForD	Standard for Forest machine Data and Communication
XML	Extensible Markup Language

1 JOHDANTO

Suomen sähkön- ja lämmöntuotannosta merkittävä osuus tuotetaan kiinteitä polttoaineita (kivihiili, turve, biopolttoaineet) käyttävissä voimalaitoksissa. Polttoaineiden toimitusketjuun kuuluu monia osapuolia, jotka käsittelevät polttoaineita omissa tietojärjestelmissään. Tässä työssä tutkitaan, minkälaisia mahdollisuuksia teollinen internet tarjoaa polttoaineiden toimitusketjun hallintaan, mitä osapuolia polttoaineiden toimitusketjuun kuuluu ja teolliseen internetiin liittyviä liiketoimintamalleja.

Polttoaineista käsitellään erityisesti metsähaketta sekä turvetta. Polttoaineen toimitusketjua on tutkittu pitkälti Suomen energiantuotannon lähtökohdista mutta työn tulokset ovat pääosin sovellettavissa myös ulkomaille. Työssä näkyy voimalaitoskattiloita valmistavan ja voimalaitoksille sekä muihin teollisuuden prosesseihin automaatiojärjestelmiä toimittavan Valmetin näkökulma. Valmetilla on ennestään olemassa polttoainetietojen hallintajärjestelmä Valmet DNA Fuel Data Manager.

Valmet DNA Fuel Data Manager -sovellus helpottaa polttoaineen vastaanoton, käsittelyn ja näytteenoton hallintaa kiinteitä polttoaineita käyttävillä voimalaitoksilla (Valmet 2017). Sovellus mahdollistaa polttoainetoimitusten sekä polttoaineen laadun seurannan ja raportoinnin. Raportoinnissa voidaan hyödyntää myös voimalaitoksen automaatiojärjestelmästä kerättävää prosessidataa. Sovelluksen avulla polttoainetoimitusten näyttöönottoa voidaan automatisoida ja polttoainelaboratorioissa tehtävät analyysit kohdistaa helposti oikeisiin polttoainekuormiin. Valmet DNA Fuel Data Manager -sovellus toimii voimalaitoksen sisäverkossa ja mahdollistaa polttoainetietojen jakamisen voimalaitoksen henkilökunnalle. Tässä työssä selvitetään, mitä mahdollisuuksia teollinen internet tarjoaa polttoainesovelluksen kehittämiseen.

Tässä työssä on tutkittu kolmea tutkimuskysymystä.

1. Mitä mahdollisuuksia teollinen internet tarjoaa polttoaineen toimitusketjun hallintaan?
2. Miten teollisen internetin sovelluksella voidaan palvella polttoaineen toimitusketjuun liittyviä sidosryhmiä, kuten polttoaineen toimittajia?
3. Minkälaisella liiketoimintamallilla teollisen internetin polttoaineen toimitusketjun hallintasovellusta voidaan myydä?

Työn tarkoituksena on siis tutkia polttoainesovelluksen kehittämistä teollisen internetin tarjoamissa puitteissa. Jo ennakkoon arveltiin, että teollinen internet mahdollistaa hel-

pomman tiedonvälityksen polttoaineen toimitusketjun eri osapuolten välillä. Valmet näkee polttoaineen toimitusketjun lähtökohtaisesti voimalaitoksen näkökulmasta, joten työssä on tarkoitus selvittää mitä muita sidosryhmiä toimitusketjuun kuuluu ja minkälaisia tarpeita näillä sidosryhmillä on. Tässä työssä polttoaineen toimitusketjua on tutkittu lähinnä voimalaitoksen ja polttoaineen toimittajan näkökulmista.

Tutkimusmenetelmiä ovat olleet kirjallisuusselvitys ja asiantuntijahaastattelut. Lisäksi aihepiiriin on tutustuttu kehittämällä pilvipohjainen polttoainesovellus Valmet DNA Fuel Chain Management, joka on myös työn merkittävin tulos. Muut työn merkittävimmät tulokset liittyvät polttoainetietojen välittämiseen toimitusketjun eri osapuolten välillä sekä polttoainetietojen raportointiin. Tutkimuskysymyksiin liittyvät asiantuntijahaastatteluiden tulokset on esitetty luvussa 3.

Esitellään ensin työn lähtökohtia, eli energiantuotantoa, polttoaineen toimitusketjua ja teollista internetiä. Tämän jälkeen esitellään asiantuntijahaastatteluissa esille tulleita asioita ja diplomityön puitteissa kehitetty Valmet DNA Fuel Chain Management -polttoainesovellus. Lopuksi pohditaan polttoainesovelluksen kehittämismahdollisuuksia haastatteluiden ja Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen kehittämisen aikana saatujen kokemusten perusteella.

2 TYÖN LÄHTÖKOHDAT

Tässä luvussa esitellään työn lähtökohtia, eli voimalaitoksella käytettyjä polttoaineita ja teollista internetiä, lähtien liikkeelle energiantuotannon perusteista ja yleiskuvauksesta voimalaitoksen toimintaan. Käsitellään kiinteistä polttoaineista erityisesti metsähakkeen ja turpeen toimitusketjua ja näille polttoaineille tyypillisiä ominaisuuksia. Polttoaineiden toimitusketjun ymmärtäminen on yksi tämän työn tärkeimmistä tutkimuskohteista.

Käytännön ongelma, joka Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen avulla halutaan ratkaista, on järeän puun tuotantotuen rajaukseen liittyvien tietojen kerääminen ja raportointi. Kappaleissa 2.4 ja 2.5 esitellään tähän liittyvää taustaa, eli uusiutuvan energian sähköntuotannon tukia Suomessa sekä vuoden 2019 alussa voimaan astunutta järeän puun tuotantotuen rajausta.

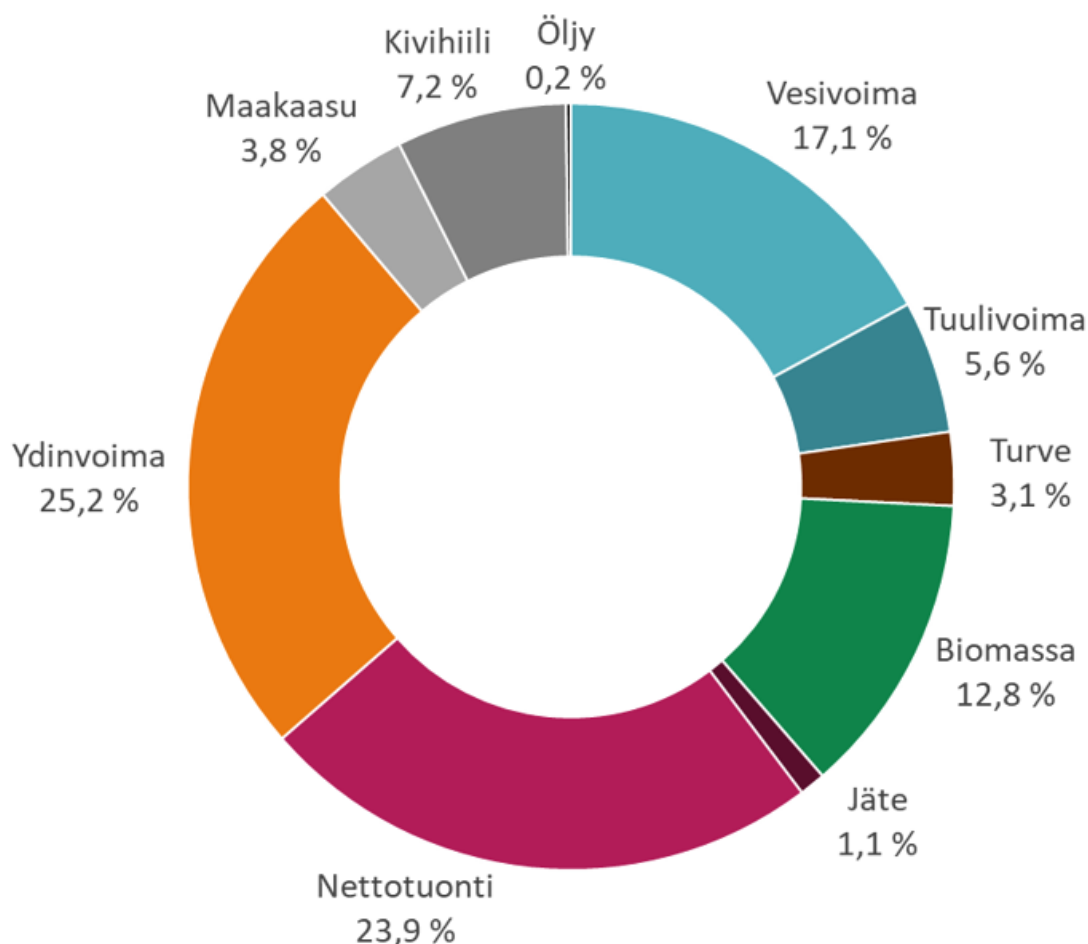
Esitellään lisäksi teolliseen internetiin liittyviä tekijöitä sekä järjestelmien integroimista keskenään liityntöjen avulla. Kappaleessa 2.7 käsitellään tietojärjestelmien yhteenliittämistä erityisesti polttoainetietoihin liittyvien tietojen välittämisen näkökulmasta.

2.1 Energiantuotanto Suomessa

Energialla on yhteiskunnassamme suuri merkitys ja energiaa on monissa eri muodoissa. Tilastokeskuksen (2018b) mukaan vuonna 2017 Suomen energiankulutuksesta 46 % käytettiin teollisuuteen, 26 % rakennusten lämmitykseen, 17 % liikenteeseen ja 12 % muuhun käyttöön. Tämä energia on peräisin erilaisista lähteistä, joista suurimpia vuonna 2017 olivat puupolttoaineet 27 %, öljy 23 % ja ydinenergia 17 % (Tilastokeskus 2018a).

Energiaa täytyy muuttaa muodosta toiseen, jotta sitä voidaan hyödyntää. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että hiilivoimalaitoksessa kivihiileen sitoutunut kemiallinen energia muutetaan sähkö- ja lämpöenergiaksi tai tuuliturbiinissa tuulen liike-energia muutetaan sähköksi. Vastaavasti öljyyn sitoutunut energia voidaan polttomoottorin avulla muuttaa auton liikkeeksi tai aurinkopaneelilla kerätä auringon säteilemää energiaa ihmisen käytettäväksi.

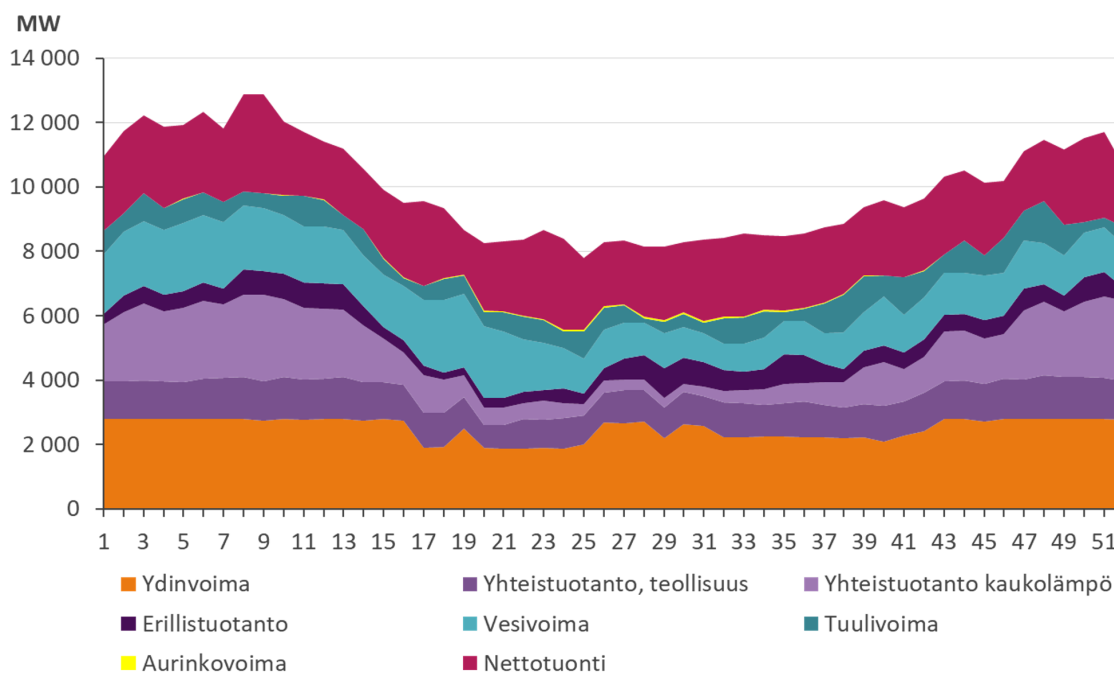
Tässä työssä keskitytään sähkön ja lämmön tuotantoon. Suomen sähköntuotanto on monimuotoista. Energiateollisuuden tuotantoeselvityksen (2018) mukaan vuonna 2017 ydinvoimalla tuotettiin noin neljännes Suomessa kulutetusta sähköstä. Lähes yhtä paljon sähköä tuotiin ulkomailta. Loput 50,9 % sähköstä tuotettiin muilla energiantuotantomuodoil-



Kuva 2.1. Suomen sähköntuotanto energialähteittäin vuonna 2017 (Energiateollisuus ry 2018)

la järjestyksessä vesivoima, biomassa, kivihiili, tuulivoima, maakaasu, turve, jäte ja öljy. Kaikilla sähköntuotantomuodoilla on omat etunsa ja haittansa, eikä Suomessa ole yhtä sähköntuotantotapaa, joka selvästi hallitsisi sähköntuotannon rakennetta. Toisin on Energiateollisuuden (2018) mukaan esimerkiksi Norjassa, jossa 97 % sähköstä tuotetaan vesivoimalla. Myös Ruotsissa sähköntuotannon rakennetta hallitsevat selvästi vesivoima ja ydinvoima, joilla tuotetaan 81 % maan kuluttamasta sähköstä. Suomen sähköntuotannon rakenne energialähteen mukaan vuonna 2017 on esitetty kuvassa 2.1. On hyvä huomata, että sähkö on vain osa käytetystä energiasta. Vaikka Suomessa 23 % energiasta on tuotettu öljyllä, on öljyn osuus sähköntuotannosta vain 0,2 %. Öljyä käytetään sen sijaan paljon liikennepolttoaineena.

Suomessa sähkön hinta määräytyy pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla kysynnän ja tarjonnan perusteella. Sähkön varastoiminen ei ole kannattavaa, joten sähkön tuotannon ja kulutuksen täytyy vastata toisiaan koko ajan. Sähkön kulutus vaihtelee vuodenajan, viikonpäivän ja kellonajan mukaan, joten myös sähkön tuotannon täytyy muuttua vastaavalla tavalla. Särkijärven (2009) mukaan sähkön hintaan vaikuttavat voimakkaasti vuodenajat ja ilmastotekijät. Saatavilla olevan vesivoiman määrä vaihtelee vuosittain. Kun vettä on paljon saatavilla, vesivoimaa käytetään enemmän, minkä seurauksena sähkö on



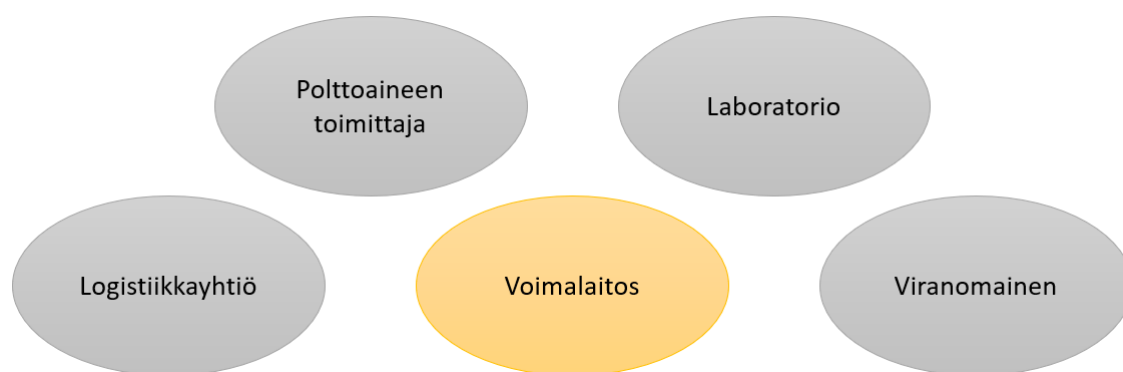
Kuva 2.2. Sähkön tuotannon ja tuonnin aikavaihtelu 2018 (Energiateollisuus ry 2019)

edullisempaa. Jos vesivoimaa ei ole saatavilla, sähkö tuotetaan muilla menetelmillä, mikä nostaa sähkön hintaa. Sähkönkulutus on suurinta talvisin johtuen lämmitystarpeesta. Energiantarve vaihtelee sen mukaan, kuinka kylmä talvi on.

Lämpöä tuotetaan sekä erillisissä lämpölaitoksissa että sähkön ja lämmön yhteistuotantona (Combined Heat and Power, CHP). Yhteistuotannossa lämpöä voidaan hyödyntää teollisuudessa, jolloin lämpöä siirretään tyypillisesti höyryllä. Toinen vaihtoehto yhteistuotannolle on sähkön ja kaukolämmön yhteistuotanto, jossa kuumalla kaukolämpövedellä lämmitetään rakennuksia ja käyttövetä. Kaukolämmön tarve riippuu huomattavasti ulkolämpötilasta. Talvella lämmitystä tarvitaan luonnollisesti enemmän kuin kesällä. Teollisuuden yhteydessä käytettävän höyryn tarve on olemassa myös kesällä. Sekä kaukolämpö että prosessihöyry tuotetaan lähellä käyttökohdetta. Toisin on sähkössä, jota voidaan siirtää pitkiäkin matkoja sähköverkossa. Mäkelä ja Tuunanen (2015) listaavat kaukolämmityksen eduiksi energiatehokkuuden, ympäristöystävällisyyden, taloudellisuuden ja toimintavarmuuden.

Kuvassa 2.2 on esitetty sähkön tuotannon ja tuonnin aikavaihtelu viikottain Suomessa vuonna 2018 tuotantotavan mukaan. Luvut ovat viikon keskitehoja, eli niistä voi nähdä vuodenajan vaikutuksen sähköntuotantoon. Suurin vaihtelu vuodenajan mukaan nähdään sähkön ja kaukolämmön yhteistuotannossa. Talvella lämmitystarpeen takia tuotetaan enemmän sekä sähköä että kaukolämpöä. Yhteistuotanto, teollisuus tarkoittaa sähköntuotantoa, jonka yhteydessä lämpöä tuotetaan teollisuuden tarpeisiin. Erillistuotanto tarkoittaa sähköntuotantoa, jossa yli jäänyttä lämpöä ei hyödynnetä. Suomessa myös ydinvoima on sähkön erillistuotantoa mutta se on kuvassa esitetty erikseen.

Tässä tutkimuksessa ollaan kiinnostuneita kiinteitä polttoaineita käyttävistä voimalaitok-



Kuva 2.3. Polttoaineen toimitusketjuun kuuluvat osapuolet.

sista, eli kuvan 2.2 mukaisella jaottelulla yhteistuotannosta ja sähkön erillistuotannosta. Pelkkää lämpöä tuottavat laitokset ovat myös tutkimuksen kannalta mielenkiintoisia. Ne eivät kuitenkaan näy kuvassa 2.2, koska siinä on esitetty vain sähköntuotanto. Muut sähköntuotantomuodot, eli ydinvoima, vesivoima, tuulivoima, aurinkovoima ja sähkön tuonti eivät ole tämän tutkimuksen kannalta mielenkiintoisia.

2.2 Yleiskuvaus voimalaitoksesta

Tässä työssä voimalaitoksella tarkoitetaan kiinteitä polttoaineita (kivihiili, turve, metsähake) käyttävää sähkön- tai lämmöntuotantolaitosta. Kivihiilellä, turpeella ja biomassalla tuotettiin vuonna 2017 23,1 % Suomessa käytetystä sähköstä (Energiateollisuus ry 2018). Voimalaitoksessa poltetaan polttoainetta ja tuotetaan sähköä ja/tai lämpöä.

Voimalaitoksissa energiaa muutetaan muodosta toiseen, käyttökelpoisempaan muotoon. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että hiilivoimalaitoksessa kivihiileen sitoutunut kemiallinen energia muutetaan sähkö- ja lämpöenergiaksi, jota ihmiset voivat hyödyntää. Voimalaitoksia voidaan luokitella esimerkiksi niiden tuottaman hyödykkeen perusteella. Lauhdevoimalaitoksissa tuotetaan sähköä ja lämpövoimalaitoksissa lämpöä. Sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksissa tuotetaan sekä sähköä että lämpöä. Lämpöä voidaan hyödyntää teollisuuden prosesseissa höyrynä tai kaukolämpöverkossa rakennusten ja käyttöveden lämmittämiseen. Lämmön tarve riippuu myös huomattavasti ulkolämpötilasta.

2.3 Polttoaineen toimitusketju ja ominaisuudet

Yksi tämän tutkimuksen tavoitteista on selvittää mahdollisuuksia siihen, kuinka polttoaineen toimitusketjun eri osapuolien toimintaa voidaan helpottaa teollisen internetin polttoainesovelluksella. Polttoaineen toimitusketjun ja eri osapuolien ymmärtäminen on siis työn kannalta olennaista. Kuvassa 2.3 on esitetty voimalaitoksen näkökulmasta polttoaineen toimitusketjuun liittyviä tärkeimpiä osapuolia.

Voimalaitos on polttoaineen käyttäjä, joka tuottaa polttoaineiden avulla sähköä ja läm-

pöä. Voimalaitos tilaa polttoaineen toimittajilta polttoainetta laitoksen tarpeisiin. Suurella voimalaitoksella on tyypillisesti useita polttoaineen toimittajia, joiden kanssa voimalaitos tekee vuosittaiset hankintasopimukset, joissa määritellään vuoden aikana laitokselle toimitettava energiamäärä polttoainejakeittain. Voimalaitos tekee viikottaiset polttoainetilaukset, joissa määritellään kuinka monta kuormaa mitäkin polttoainetta kukakin polttoaineen toimittaja tuo tiettyinä päivinä. Tilattavan polttoaineen määrä riippuu siitä, kuinka paljon tuotantoa seuraavalle viikolle on arvioitu. Eri polttoainejakeiden suhde riippuu siitä, missä suhteessa polttoaineita laitoksella käytetään.

Polttoaineen toimittaja hankkii polttoainetta ja toimittaa sitä voimalaitoksille. Toimittaja voi keskittyä tiettyyn polttoaineeseen, kuten biopolttoaineisiin tai turpeeseen. Biopolttoaineissa merkittäviä toimittajia ovat metsäteollisuuden yritykset, jotka käyttävät puuta myös muuten kuin polttoaineena. Energiantuotannossa voidaan hyödyntää suuressa määrin metsäteollisuuden sivuvirtoja. Suomessa lämpö- ja voimalaitosten käyttämästä biopohjaisesta raaka-aineesta 56 % on teollisuuden sivutuotepuuta, eli kuorta, purua ja teollisuuden puutähdehaketta (Orasuo 2018, s. 23).

Polttoaineen toimittamiseen liittyy olennaisesti logistiikka, eli polttoainetta laitokselle toimittavat kuorma-autot, kuljettajat ja ajojärjestelijät. Logistiikka kuuluu joko polttoainetta toimittavaan yhtiöön tai se voi olla oma yhtiönsä. Molemmissa tapauksissa polttoaineen toimittaja tilaa polttoainekuormien kuljetukset logistiikalta. Polttoainekuormien kuljettajien tehtäviin kuuluu voimalaitoksella kirjata kuorman tiedot polttoainetietojärjestelmään sekä purkaa kuorma polttoaineen vastaanottoon.

Polttoaineiden laatuanalyysijä tehdään voimalaitosten omissa laboratorioissa mutta niitä teetetään myös ulkoisissa laboratorioissa. Polttoainenäytteitä toimitetaan ulkoiseen laboratorioon, joka analysoi polttoainenäytteet. Analyysien tulokset kirjataan polttoainetietojärjestelmään.

Viranomaiset liittyvät polttoaineen toimitusketjuun voimalaitoksen toimintaa valvovana elimenä. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi voimalaitoksen päästöjen valvontaa. Lisäksi voimalaitos voi hakea esimerkiksi uusiutuvan energian sähköntuotantotukea viranomaiselta.

2.3.1 Polttoaineen vastaanotto voimalaitoksella

Käsitellään seuraavaksi polttoaineen toimitusketjua Seinäjoen voiman ja Vaskiluodon voiman voimalaitosten näkökulmasta. Voimalaitoksilla käytetään useampaa eri polttoainetta: turvetta, kivihiiltä ja biopolttoaineita. Polttoaineet tuodaan voimalaitoksille kuorma-autoilla, joka punnitaan sekä kuorma-auton saapuessa että lähtiessä. Punnitusten erotuksena saadaan kuljetetun polttoaineen paino. Kuljettaja purkaa kuorman ja syöttää kuljettajapäätteen kautta kuorman tiedot, jotka kirjataan voimalaitoksen polttoainetietojärjestelmään. Näitä tietoja ovat esimerkiksi polttoaineen toimittaja, kuorma-auton rekisterinumero, purkupaikka sekä lähtövarasto. Lisäksi polttoainetietojärjestelmään kirjataan kuorma-auton sisään- ja ulosajoajat, eli punnitusten aikaleimat.

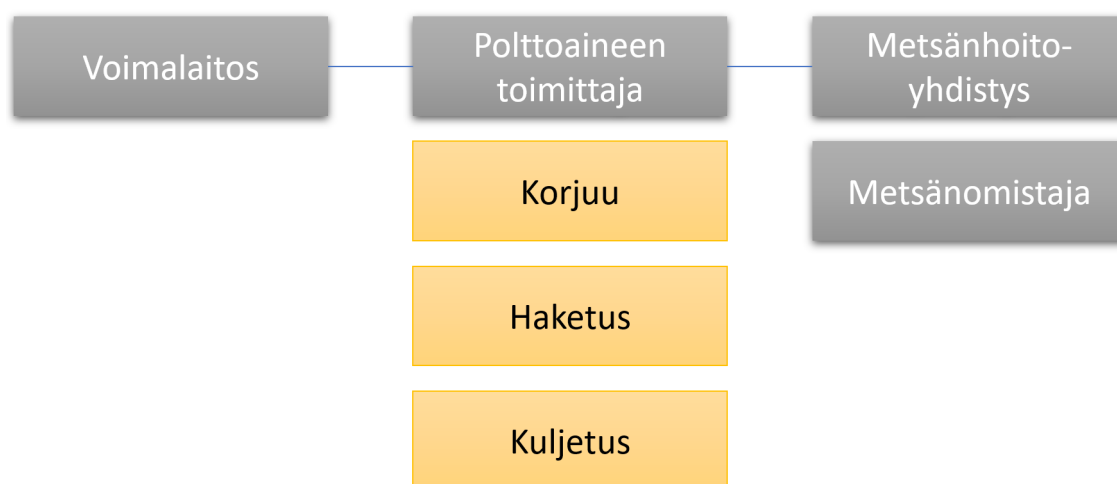
Vastaanotettu polttoaine kuljetetaan ensin päiväsiiloon, josta se myöhemmin kuljetetaan voimalaitokseen poltettavaksi. Polttoaineen vastaanotossa jokaisesta polttoainekuormasta kerätään näytteet, joiden perusteella polttoaineen laatu analysoidaan. Näytteitä kerätään yhden vuorokauden ajalta niin, että yhteen näyteastiaan kerätään tiettyä polttoainetta tietyltä toimittajalta ja tietystä lähtövarastosta. Saman toimittajan eri tuotteet tai eri lähtövarastosta tulleet kuormat kerätään kukin omaan näyteastiaansa, jolloin eri toimittajat, tuotteet tai lähtövarastot eivät mene keskenään sekaisin. Yhteen näytteeseen voi siis tulla polttoainetta useammasta eri kuormasta. Näistä polttoainenäytteistä analysoidaan polttoaineiden kosteus vuorokausitasolla. Kosteusanalyysit tehdään voimalaitosten omissa laboratorioissa ja ne valmistuvat parin päivän sisällä, jolloin ne kirjataan polttoainetietojärjestelmään. Vuorokausikohtaisista näytteistä koostetaan myös kuukausikohtaisia näytteitä, joista analysoidaan polttoaineen lämpöarvo ja tuhkapitoisuus. Nämä analyysit tehdään ulkoisessa laboratoriossa ja ne tehdään kalenterikuukausittain, eli kuukauden alussa analysoidaan edellisen kuukauden aikana tulleet polttoainekuormat. Kuukausikohtaiset lämpöarvot ja tuhkapitoisuudet kirjataan polttoainetietojärjestelmään, kun ne valmistuvat.

Biopolttoaineet poltetaan voimalaitoksilla joko hakkeena tai murskeena. Laitokselle voidaan tuoda myös esimerkiksi rankapuuta tai metsätähdettä, jotka sitten haketetaan tai murskataan laitoksella ennen käyttöä. Polttoainetta tuodaan laitokselle myös valmiina hakkeena, jolloin kuorma voidaan ajaa suoraan polttoaineen vastaanottoon, josta kuorma päättyy päiväsiiloon. Sekä valmista haketta että hakettamatonta polttoainetta voidaan säilyttää laitoksen pihalla odottamassa käyttötarvetta. Pihavarastointi voi olla lyhytaikaista, eli esimerkiksi viikonlopun yli tapahtuvaa, tai pitkäaikaista, jolloin biopolttoaine odottaa laitoksen pihassa jopa puoli vuotta. Valmiiksi haketettu polttoaine on voimalaitoksen omaisuutta, kun taas rankapuu on toimittajan taseessa, kunnes se haketetaan.

2.3.2 Metsähakkeen toimitusketju ja ominaisuudet

Metsähake on merkittävä bioenergian muoto. Vuonna 2017 metsähakkeen käyttö oli 15,7 TWh, eli 4,2 % Suomen energian kokonaiskulutuksesta (Strandström 2018). Metsähakkeesta noin 90 % käytettiin lämpö- ja voimalaitoksissa ja loput pientalokiinteistöissä. Metsähakkeen toimitusketjuun kuuluvat osapuolet ja toiminnot on esitetty kuvassa 2.4. Voimalaitos hankkii metsähakkeen polttoaineen toimittajalta, joka ostaa puun metsänhoitoyhdistyksen avulla metsänomistajalta. Toimitusketjuun kuuluvat yksinkertaistettuna ainakin puun korjaaminen, hakettaminen ja kuljettaminen. Nummelinin et al. (2015) mukaan polttoaineen toimittajien käytännöissä on suuria eroja sen suhteen, mitkä työn vaiheet tehdään itse ja mitkä ostetaan alihankintana. Polttoaineen toimittajat vastaavat usein lähinnä haketuksesta ja kuljetuksesta, kun taas puun korjuu yleensä ostetaan alihankintana.

Seinäjoen ja Vaskiluodon voimalaitoksille metsähaketta toimittava EPM Metsä jakaa puukaupan kolmeen luokkaan: pystykauppa, hankintakauppa ja vierastoimitus. Pystykaupas-



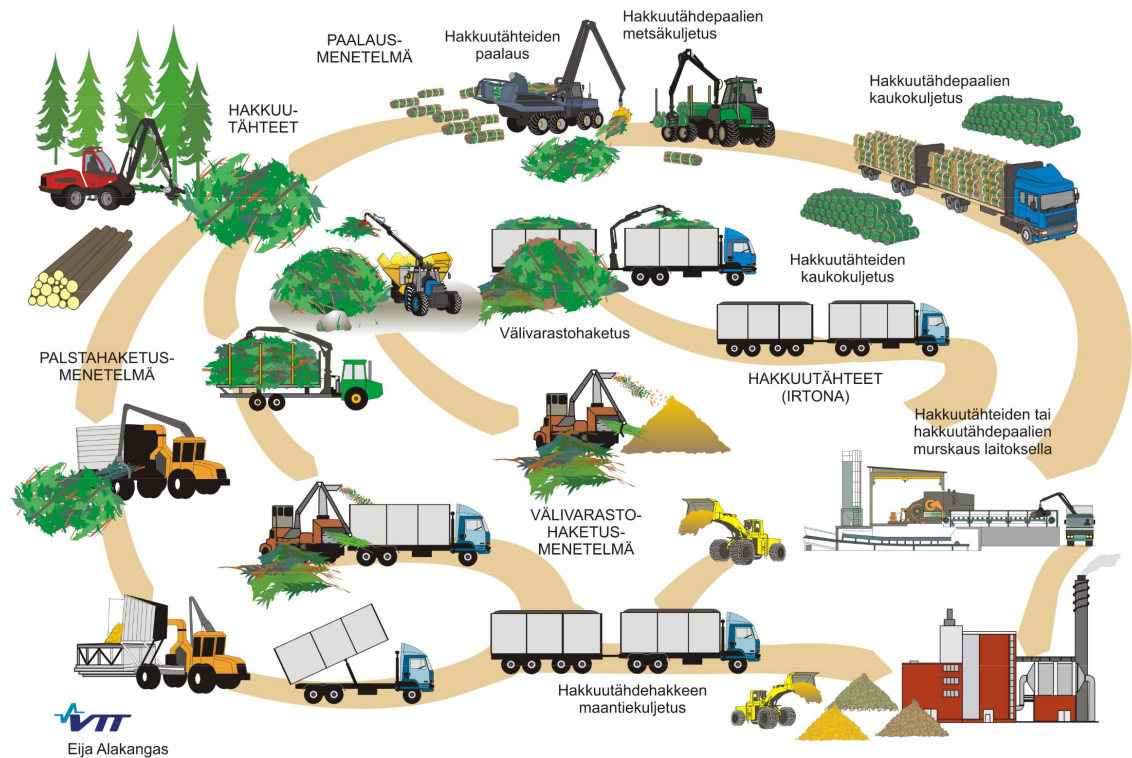
Kuva 2.4. Metsähakkeen toimitusketjuun kuuluvat osapuolet ja toiminnot.

sa EPM Metsä hoitaa puiden korjuun sekä kuljetuksen laitokselle. Hankintakaupassa myyjä toimittaa sovitut puut sovittuun varastopaikkaan, josta EPM Metsä toimittaa ne laitokselle. Vierastoimituksessa myyjä toimittaa puun itse laitokselle asti. Pysty- ja hankintakaupassa EPM Metsällä on omassa järjestelmässään tieto toimitetusta puusta sisältäen tiedon puutavaralajista ja mahdollisesta tukiluokasta. Sen sijaan vierastoimitukset eivät näy EPM Metsän järjestelmissä, eikä kokopuu- ja rankahakkeen tukiluokka ole EPM Metsän tiedossa. (Syrjälä 2018)

Helynen et al. (2002, s. 16–19) esittelee neljä menetelmää metsätähdehakkeen keräämiseen ja kuljettamiseen käyttöpaikalle. Metsätähdehakkeen toimitusketjuja on esitetty kuvassa 2.5 mutta samoja periaatteita voidaan käyttää muillekin metsähakelajikeille kuin hakkuutähteille.

- Palstahaketus
- Tienvarastohaketus (välivarastohaketus)
- Terminaalihaketus
- Haketus laitoksella

Suomessa yleisimmin käytetty menetelmä metsätähteille (lähes 76 %) on haketus välivarastossa, eli tienvarsihaketus (Alakangas et al. 2016, s. 69). Metsätähteet kuljetetaan kuormatraktorilla tienvarteen, jossa metsätähde haketetaan tai murskataan. Laitilan et al. (2012) mukaan haketus tapahtuu suoraan hakkeen kuljettavan auton kuormatilaan, mikä johtaa niin sanottuun kuumaan ketjuun. Haketusta ja kuljetusta ei siis voi limittää vaan kuljettavan auton pitää olla paikalla, kun haketus tehdään. Tämä voi johtaa odotteiluun ja toimitusketju on altis keskeytyksille. Palstahaketuksessa metsätähdettä ei siirretä välivarastoon vaan hakettaminen tapahtuu samalla, kun metsätähde kerätään. Maastokelpoisella hakkurilla metsätähde kerätään ja haketetaan hakkurin säiliöön. Kun säiliö on täynnä, hake kuljetetaan tienvarteen. Palstahaketuksen etuna verrattuna tienvarsihaketuksen on Helysen et al. (2002) mukaan se, että korjuussa tarvitaan vähemmän koneita ja tienvarsitilaa. Lisäksi vältetään kuuman ketjun ongelma.

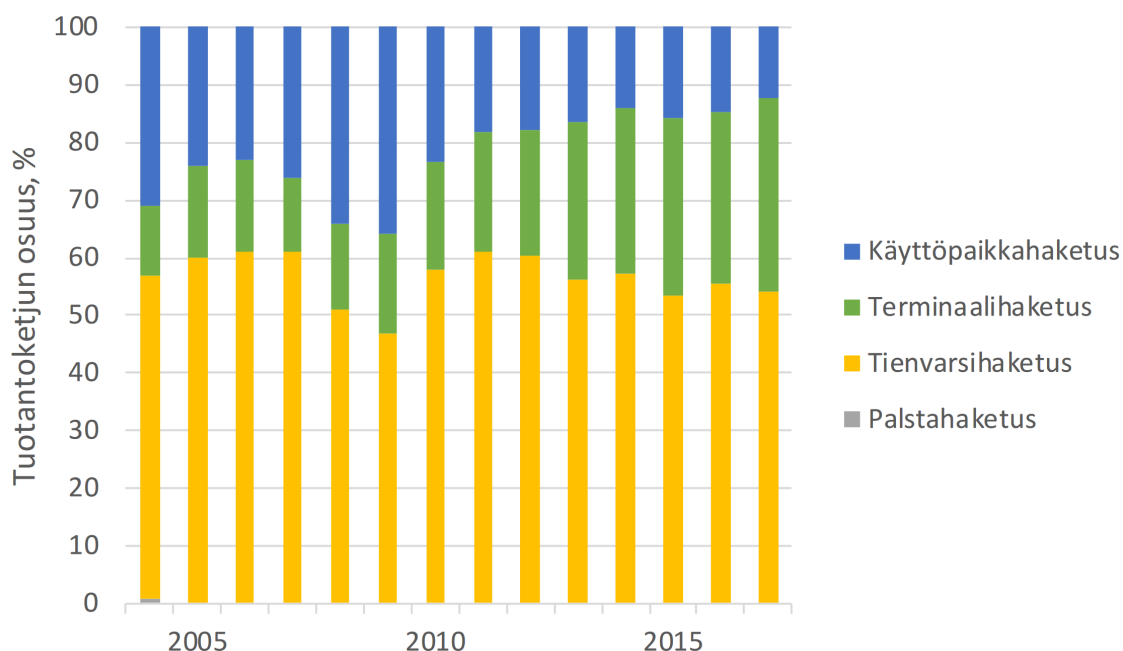


Kuva 2.5. Metsätähdehakkeen korjuumenetelmät (Alakangas et al. 2016)

Metsätähteet on mahdollista hakettaa myös terminaalivarastossa tai käyttöpaikalla. Tällöin hakkuutähteet kuljetetaan käyttöpaikalle joko irtonaisena tai paalattuna. Irtokuljetuksen ongelmana on Helysen et al. (2002) mukaan kuljetuksen tehokkuus. Kuorma jää pieneksi, jos metsätähdettä ei tiivistetä, niputeta tai paalata. Paalaaminen helpottaa sekä metsätähteen kuljettamista että varastointia, kun paalattu metsätähde on irtonaista tiiviimpää. Käyttöpaikkahaketuksessa vältetään kuumen ketjun ongelma ja haketus tai murskaus on palstahaketusta tai tienvarsihaketusta edullisempaa. Käyttöpaikkahaketus ei ole mahdollista kaikilla laitoksilla.

Strandströmin (2018) mukaan kokonaisuudessa yleisin metsähakkeen tuotantoketju on tienvarsihaketus, jonka osuus vuonna 2017 oli 54 %. Terminaalihaketuksen osuus on kasvanut viimeisen vuosikymmenen aikana ja sen osuus oli 33 % käyttöpaikkahaketuksen osuuden ollessa 12 %. Palstahaketusta ei enää käytännössä käytetä ollenkaan. Metsähakkeen tuotantoketjujen osuudet vuosina 2004–2017 on esitetty kuvassa 2.6. Tuotantoketjujen osuuksissa on kuitenkin eroja jaekohtaisesti. Pienpuu ja hakkuutähde haketaan tyypillisesti tien varressa. Sen sijaan kantomurskeelle ja järeästä runkopuusta valmistetulle metsähakkeelle terminaalihaketus on yleisin tuotantoketju.

Nummelin et al. (2014) kuvaa metsähakkeen toimitusketjua koskevia ongelmia energialaitosten näkökulmasta. Tutkimuksessa nousivat esiin energialaitosten edustajien toive polttoainetoimitusten paremmasta ajoittamisesta, polttoaineen laadusta, varastoinnista ja hinnoittelusta. Polttoainetoimituksissa pitäisi huomioida polttoaineen laatu ja kosteus niin, että kostea ja huonolaatuinen polttoaine käytettäisiin ensisijaisesti kesällä sekä syksyllä ja parempilaatuinen talvella ja alkukeväästä. Metsätähdettä pitää kuivattaa palstalla tar-



Kuva 2.6. Metsähakkeen tuotantoketjujen osuudet yhteensä vuosina 2004–2017 (Strandström 2018).

peeksi pitkä aika, jotta puun neulaset jäävät palstalle. Energialaitosten mielestä tienvarsihaketusta käytävissä toimitusketjuissa on ollut ongelmana toimitusvarmuus erityisesti talvisin. Talvella energiaa tarvitaan eniten, joten silloin toimitusvarmuuden pitäisi olla parempi. Kesällä puolestaan hakkeesta saattaa olla ylitarjontaa. Energialaitokset toivoivat myös avoimempaa keskustelua metsähakkeen hinnoittelusta.

Metsähakkeen laatutekijät, kosteus, palakoko ja epäpuhtaudet nousivat suurimmiksi ongelmiksi myös Jahkosen ja Ikosen (2014) tutkimuksessa, jossa haastateltiin metsähaketta käyttäviä CHP- ja lämpölaitoksia, puunhankintaorganisaatioita sekä korjuu- haketus- ja kuljetusyrittäjiä. Kiinnostus metsähakkeen laatua kohtaan oli suurinta toimitusketjun loppupäässä, eli metsähaketta käyttävillä energialaitoksilla. Polttoaineen liiallinen kosteus on kuitenkin ongelma myös toimitusketjun aiemmissa vaiheissa kuljetuksen ja hakettamisen kannalta, koska talvisin kostea hake jäätyy. Roudan et al. (2016) mukaan tarve parempaan polttoaineen kosteuden hallintaan on syntynyt metsäbiomassan energiakäytön kasvusta sekä nousseista kuljetuskustannuksista. Jahkosen ja Ikosen (2014) tutkimuksessa myös metsähaketoiminnan kausiluonteisuus koettiin ongelmana yrittäjien keskuudessa. Nummelinin et al. (2015) mukaan metsähaketta energialaitoksille toimittavat yritykset näkevät ongelmaksi Suomen ailahtelevaisen energiapolitiikan, joka estää pitkäjänteisen tulevaisuuden suunnittelun.

Metsähakkeen kosteus vaihtelee suuresti ja sillä on suuri merkitys polttoaineen energiasisältöön sekä siihen, minkälaiseen käyttöön polttoaine soveltuu. Metsähakkeen kosteus on Lauhasen et al. (2014, s. 17) mukaan suurimmillaan alkutalvesta, jolloin kosteus on noin 40 %. Kuivinta haketta saadaan kesällä, jolloin kuivuneista puista tehdyn hakkeen kosteus on 30-35 %. Alakankaan et al. (Alakangas et al. 2016, s. 61) mukaan metsähak-

keen tavoiteltu kosteus riippuu paljon siitä, miten polttoainetta aiotaan käyttää. Tyypillisesti pienkäytössä polttoaineen täytyy olla kuivempaa, kun taas isommat laitokset pystyvät käsittelemään kosteampaa polttoainetta. Kotitalouksissa käytettävä polttopuu kuivataan. Tavoiteltu kosteus on kotitalouksissa 15-20 %. Keskuslämmityskattiloissa käytettävän puun kosteus ei saisi ylittää 25 %. Alle 1 MW tehoisissa laitoksissa puupolttoaineen kosteus ei saisi ylittää 40 %. Jos voimalaitoksessa on käytössä savukaasulauhdutin, niin voidaan käyttää kosteampaa polttoainetta, koska vesihöyryn lämpö saadaan otettua savukaasuista talteen. Jos käytössä on savukaasulauhdutin, niin voidaan käyttää jopa yli 50 % kosteutta sisältäviä polttoaineita.

Metsähakkeen kosteuden tunteminen ja ennustaminen hyödyttäisi toimitusketjun monia osapuolia. Routa et al. (2016) kuvaa hakkuutähteiden kuivatusta ja kuivumisen seurantaa. Tyypillisesti metsätähteet jätetään hakkuukohteelle ja levitetään kuivumaan. Metsätähteiden kuivumista on voitu seurata ottamalla näytteitä tai kuivattamalla metsätähteet kuivatustelineessä. Kuivatustelineessä olevien puiden paino vähenee, kun puista haihtuu kosteutta ilmaan. Näin ollen kosteuspitoisuuden muutos on voitu laskea eri punnitusten välisestä erosta.

Routa et al. (2016) ovat kehittäneet laskennallisen menetelmän metsätähteen kuivumisen seuraamiseen. Malli hyödyntää ilmatieteenlaitoksen tarjoamia dataa, jossa sääolosuhteiden mittausdata (lämpötila, kosteus, sadetilanne) interpoloidaan 10 km kertaan 10 km ruudukkoon. Näin ollen mallia voidaan käyttää ympäri Suomen ilman erillisiä mittauksia. Suomen ulkopuolella vastaavaa palvelua ei välttämättä ole saatavilla, joten mallin parametrit täytyy arvioida tapauskohtaisesti. Metsätähteiden kosteuden mallintaminen on haastavaa. Kosteus vaihtelee suuresti metsätähdekasojen välillä ja myös yksittäisen kasan sisällä. Sääolosuhteilla, varastointiolosuhteilla ja paikallisella mikroilmastolla on merkittävä vaikutus kuivumiseen. Ero mallin antaman kosteusarvion ja mittauksen välillä voi johtua esimerkiksi mikroilmastosta, kosteusmittauksen virheestä tai säätietojen virheellisyydestä. Alkuperäisellä kosteusmittauksella on suuri merkitys tulokseen. Jos kosteutta ei mitata kuivausvaiheen alussa, niin voidaan käyttää keskimääräistä taulukkoarvoa. Taulukkoarvo ei kuitenkaan välttämättä pidä paikkaansa. Myös kosteusnäytteiden ottaminen on haasteellista, koska näytteitä pitäisi ottaa toimitusketjun eri vaiheissa. Näytteiden laatu vaihtelee ja myös saman metsätähdekasan sisällä voi olla eroja kosteudessa. Kuiva-ainehäviöt ovat merkittäviä, millä on myös vaikutus kosteusmittaukseen.

2.3.3 Turpeen toimitusketju ja ominaisuudet

Turve on Suomessa yleisesti käytetty polttoaine sähkön- ja lämmöntuotannossa. Sen osuus Suomessa kulutetusta energiasta on vaihdellut 4–7 % välillä vuosina 2008–2017 (Tilastokeskus 2019). Turve ja kiinteät puupolttoaineet ovat Suomen tärkeimmät kotimaiset polttoaineet (Lahtinen et al. 2005, s. 38). Tämä on tärkeää Suomen energiaomavaraisuuden kannalta, koska valtaosa energiasta joudutaan tuomaan ulkomailta. Toisaalta turpeen käyttöä olisi syytä vähentää, koska turpeen uusiutuminen on hidasta. Turpeen

poltossa vapautunut hiilidioksidi siis jää ilmakehään. Vesalan et al. (2010, s. 5) mukaan turve-energian kasvihuonevaikutus sadan vuoden aikajänteellä on samaa luokkaa kuin kivihiilellä.

Turvetta nostetaan soilta sekä jysinturpeena että palaturpeena. Jysinturpeen osuus energiaturpeesta on Alakankaan et al. (2016, s. 117) mukaan yli 90 %. Jysinturpeen tuotantoon kuuluvat työvaiheet ovat jysintä, kääntäminen, karheaminen ja kokoaminen. Kokoamisessa voidaan käyttää kolmea eri menetelmää, jotka ovat hakumenetelmä, mekaaninen kokoojavaunumenetelmä ja imuvaunumenetelmä. Näistä hakumenetelmä ja mekaaninen kokoojavaunumenetelmä ovat yleisimpiä, kun taas imuvaunumenetelmällä tuotetaan noin kymmenesosa jysinturpeesta. Turve kootaan aumoihin, joissa se varastoidaan. Lahtisen et al. (2005, s. 28–29) mukaan turvetuotanto on hyvin kausiluonteista ja ajoittuu toukokuun puolivälistä syyskuun alkuun. Vuosittainen vaihtelu turpeen tuotantomäärissä on suurta, mikä johtuu sääolosuhteiden muutoksista.

Energiaturpeen keskeisimpiä ominaisuuksia ovat Alakankaan et al. (2016, s. 119–121) mukaan lämpöarvo, kosteus, tiheys ja palakoko. Suuremmilla laitoksilla polttoaineen ominaisuudet mitataan laboratoriossa. Polttoainekuorman paino mitataan vaa’alla ja polttoainekuormasta tehtävistä näytteistä määritetään kosteus sekä lämpöarvo. Turpeen kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo on hieman suurempi kuin puupolttoaineilla. Turve on hyvin reaktiivista, minkä takia turpeen käyttöön liittyy tulipalo- ja pölyräjähdysvaara.

2.3.4 Polttoaineen vaikutus kattilan korroosioon

Turpeen ja biopolttoaineiden yhteiskäyttö on Suomessa yleistä. Alakankaan et al. (2016, s. 200–202) mukaan biopolttoaineiden käyttö aiheuttaa kattilan likaantumista ja korroosiota, joka johtuu biopolttoaineiden sisältämästä kloorista ja alkaleista, erityisesti kaliumista. Biopolttoaineiden poltossa muodostuvat alkalikloridit tiivistyvät ja tarttuvat kattilan lämmönsiirtopinnoille, mikä aiheuttaa korroosiota ja likaantumista.

Biopolttoaineiden kattilalle aiheuttamaa haittaa voidaan ehkäistä seospoltolla suojapolttoaineiden kuten turpeen tai kivihiilen kanssa. Turpeen ja kivihiilen suojaava vaikutus perustuu niiden sisältämään rikkiin. Käytettäessä polttoaineena biopolttoaineen ja suojapolttoaineen sekoitusta biopolttoaineista syntyvät alkalikloridit muodostavat suojapolttoaineen rikin kanssa uusia yhdisteitä. Kloori esiintyy tällöin vetykloridina, joka ei aiheuta korroosiota lämmönsiirtopinnoille. Suoja-vaikutukseen vaadittava turpeen osuus polttoaineesta on noin 15–35 % prosessista riippuen. Yleispätevää tarkkaa osuutta on mahdollista sanoa. Kattilaa voidaan suojata myös syöttämällä rikki alkuainerikkinä tai erilaisina sulfaattiliuksina. Rikin lisäksi tärkeitä suoja-aineita ovat myös alumiinisilikaatit. (Alakangas et al. 2016, s. 200–202)

Myös kattilan kuormalla on vaikutus korroosioon. Ajettaessa kattilaa osakuormalla lämpötila on matalampi, jolloin korroosiota tapahtuu vähemmän (Sällinen 2013).

2.4 Sähkön tuotannon tuet Suomessa

Suomi on sitoutunut vähentämään kasvihuonepäästöjään. Yhtenä keinona tälle on fossiilisten polttoaineiden käytön korvaaminen uusiutuvalla energialla. Valtio maksaa tuotantotukea uusiutuvilla energianlähteillä tuotetulle sähkölle. Esitellään Suomen energiapolitiikkaa ja sähkön tuotannon tukia.

Suomessa uusiutuvan energian määrää halutaan lisätä. Ohjauksena käytetään uusiutuvalla energialle maksettavaa sähkön tuotannon tukea, eli syöttötariffia. Tukea voidaan maksaa metsähakkeella, tuulivoimalla, biokaasulla ja puupolttoaineella tuotetulle sähkölle. Käytännössä sähkön tuotannon tuesta suurin osa maksetaan tuulivoimalla ja metsähakkeella poltetulle sähkölle biokaasun ja puupolttoaineiden osuuden jäädessä alle prosenttiin maksetusta tuesta. (Energiavirasto 2018b)

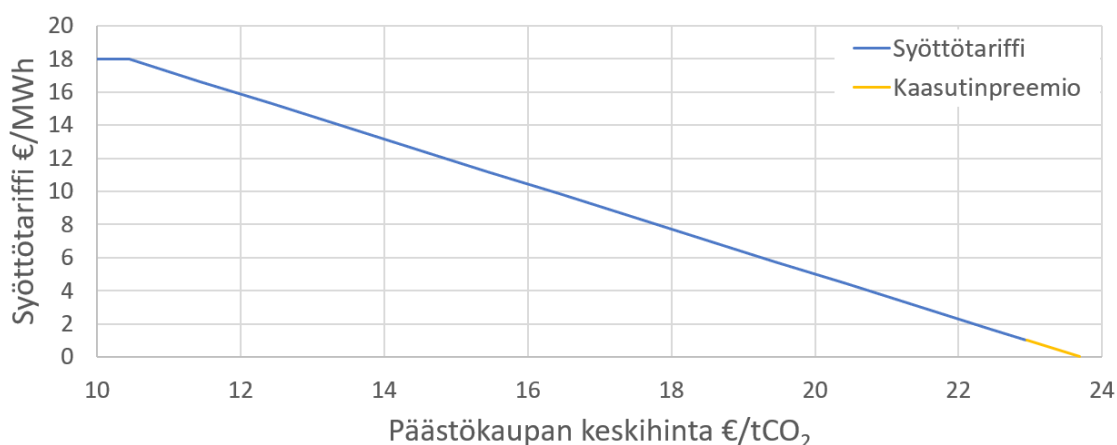
Sähkön tuottaja myy sähkönsä sähkömarkkinoille, minkä lisäksi sähkön tuottajalle maksetaan syöttötariffi. Tuulivoimalla, biokaasulla ja puupolttoaineella tuotetun sähkön tavoitehintana on 83,50 €/MWh. Tästä osa tulee sähkömarkkinoilta ja loput maksetaan syöttötariffin muodossa. Syöttötariffi määräytyy tavoitehinnan ja kolmen kuukauden keskimääräisen markkinahinnan erotuksena. Jos siis kolmen kuukauden tarkastelujakson aikana sähkön keskimääräinen markkinahinta on ollut 40 €/MWh, niin syöttötariffia maksetaan tällöin 43,50 €/MWh. Poikkeustapauksena on kuitenkin määritetty, että syöttötariffia ei makseta enempää kuin 53,50 €/MWh, eli jos sähkön markkinahinta laskee alle 30 €/MWh, niin syöttötariffia maksetaan 53,50 €/MWh (Energiavirasto 2016b). Näin on kuitenkin käynyt Energiaviraston (2019) mukaan vain yhden tariffijakson aikana vuoden 2015 toisessa kvartaalissa, jolloin sähkön markkinahinnan kolmen kuukauden keskiarvo oli 25,83 €/MWh.

Metsähakkeella tuotetun sähkön tuotantotuki on sidottu EU:n päästökaupan hintaan ja turpeen veroon. Turpeen käyttöä varten tarvitaan päästöoikeuksia. Sen sijaan metsähake katsotaan päästöttömäksi, eikä metsähakkeelle tarvitse sen takia hankkia päästöoikeuksia. Näin ollen päästöoikeuksien hintojen nousu antaisi metsähakkeelle kilpailuetua suhteessa turpeeseen. Turpeen ja metsähakkeen suhteellinen kilpailukyky halutaan kuitenkin säilyttää ja sen vuoksi metsähakkeelle maksettava syöttötariffi on sidottu turpeen kustannuksiin. Metsähakkeella tuotetun sähkön syöttötariffin määräytyminen on esitetty taulukossa 2.1 (Energiavirasto 2016b) ja kuvassa 2.7, kun turpeen verolle käytetään arvoa 1,90 €/MWh. Turpeen vero on Energiaviraston (2019) mukaan ollut 4,90 €/MWh vuosina 2013 ja 2014. Vuonna 2015 turpeen vero laski arvoon 3,40 €/MWh ja 1.3.2016 alkaen se on ollut 1,90 €/MWh. Vuoden 2019 alusta turpeen vero nousee arvoon 3 €/MWh, minkä seurauksena metsähakkeen syöttötariffi pienenee (Energiavirasto 2018b).

Kuvassa 2.8 on esitetty metsähakkeelle maksettu syöttötariffi vuoden 2013 alusta vuoden 2019 toiseen kvartaaliin asti (Energiavirasto 2019). Vuodesta 2013 vuoden 2018 ensimmäiseen kvartaaliin asti päästöoikeuden hinta on aina ollut alle 10,44 €/tCO₂, joten syöttötariffi on määräytynyt vain turpeen veron mukaan. Kuvassa nähdään metsä-

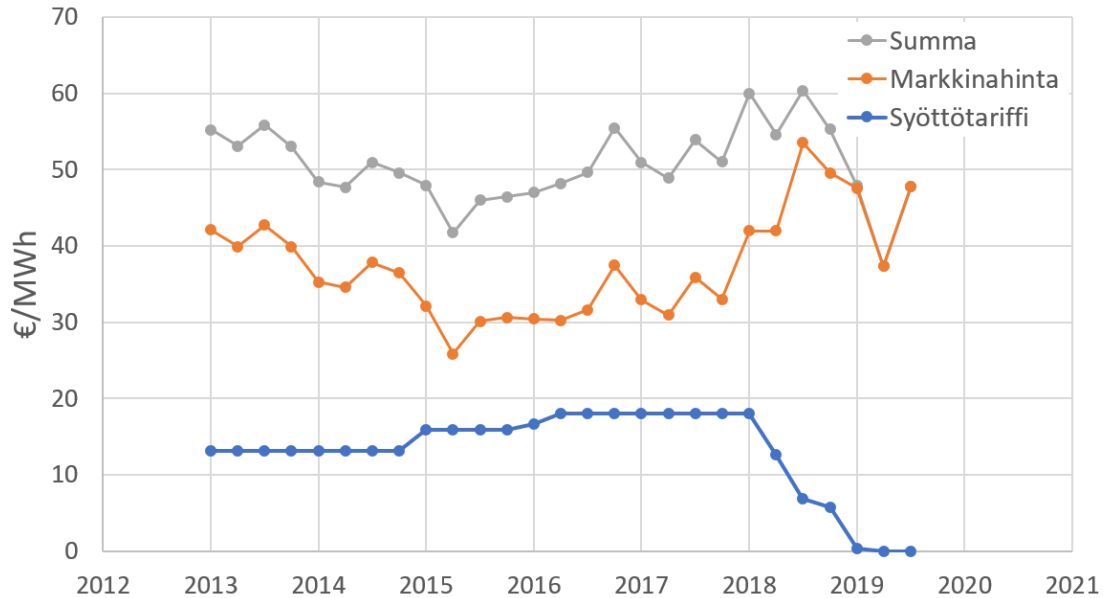
Taulukko 2.1. Metsähakkeen syöttötariffin määräytyminen

Päästöoikeuden kolmen kuukauden keskiarvo-hinta [€/tCO ₂]	Turpeen vero [€/MWh]	Syöttötariffin määrä [€/MWh]	Kaasutinpreemion määrä [€/MWh]
alle 10,44	1,90	18,00	0,00
10,44 - 22,94	1,90	35,65 - 1,827 x turpeen vero - 1,359 x päästöoikeuden hinta	0,00
22,95 - 23,69	1,90	ei makseta	32,184 - 1,358 x päästöoikeuden hinta
yli 23,69	1,90	ei makseta	ei makseta

**Kuva 2.7. Metsähakkeen syöttötariffi päästöoikeuden funktiona, kun turpeen vero on 1,90 €/MWh**

hakkeelle maksetun syöttötariffin nousu, kun turpeen verotusta on kevennetty kahdesti. Jälkimmäinen veronkevennys tapahtui kesken 2016 vuoden ensimmäisen kvartaalin ja sen takia myös metsähakkeen syöttötariffi on saanut poikkeavan arvon. Päästöoikeuden kolmen kuukauden keskiarvo on vuoden 2017 toiselta kvartaalilta alkaen ollut nousussa. 2018 toisessa kvartaalissa päästöoikeuden hinta ylitti 10,44 €/tCO₂, minkä seurauksena metsähakkeelle ei ole maksettu täyttä tuotantotukea. Päästöoikeuden hinta jatkoi nousemistaan vuoden 2018 ja 2019 alun ajan. 2019 ensimmäisellä kvartaalilla metsähakkeen tuotantotuki oli 0,38 €/tCO₂ ja toisella kvartaalilla 0,00 €/tCO₂. Tukea ei siis ole vuonna 2019 käytännössä maksettu.

Kaasutinpremio tarkoittaa korotettua tukea, jota voidaan hakea voimalaitokselle, jonka yhteydessä on kaasutin. Tällaisessa laitoksessa metsähake voidaan kaasuttaa pölypolttokattilan polttoaineeksi (Energiavirasto 2016a). Syöttötariffijärjestelmään hyväksytyjen voimalaitosten tietoja on saatavilla Energiaviraston sivuilla. Syöttötariffijärjestelmään on 16.10.2018 hyväksytty 53 metsähakevoimalaitosta ilman kaasutinpreemiota ja yksi met-



Kuva 2.8. Metsähakkeelle maksettu syöttötariffi ja sähkön markkinahinta vuodesta 2013 alkaen (Energiavirasto 2019)

sähakevoimalaitos kaasutinpreemiolla (Energiavirasto 2019).

Sähköntuotantotukea maksetaan voimalaitoksen metsähakkeella tuottamalle sähkölle. Lapakon (2018) Energiaviraston SATU-järjestelmään raportoidaan voimalaitoksen käyttämä polttoaine-energia polttoaineluokittain. Lisäksi tuotetun sähkön määrä raportoidaan niille polttoaineluokille, joille tuotantotukea maksetaan. Tietyllä polttoaineella tuotetun sähkön määrä lasketaan kertomalla kyseisen polttoaineen energia yhteensä tuotetun sähkön ja yhteensä käytetyn polttoaine-energian suhteella kaavan 2.1 mukaisesti.

$$S_i = P_i \cdot \frac{S_{tot}}{P_{tot}}, \quad (2.1)$$

missä

S_i on polttoaineella tuotettu sähkö,

P_i on polttoaineen energia,

S_{tot} on yhteensä tuotettu sähkö,

P_{tot} on yhteensä polttoaineiden energia.

Kaikki yksiköt ovat MWh. Yhteensä tuotettu sähkö S_{tot} tarkoittaa sähköverkkoon toimitettua sähkön kokonaismäärää, josta on vähennetty sähköverkosta otettu omakäyttö. Suhdeluku S_{tot} / P_{tot} kuvaa sitä, kuinka suuri osa polttoaineen energiasta muutetaan voimalaitoksessa sähköenergiaksi.

2.5 Järeän puun tuotantotuen raja

Järeän puun tuotantotuen raja (ns. rankarajaus) astui voimaan vuoden 2019 alusta. Sillä pyritään ohjaamaan jalostuskelpoinen puu sellutehtaille sen sijaan, että puu poltettaisiin voimalaitoksissa. Rankarajauksen myötä jalostuskelpoisen puun käyttämisestä polttoaineena maksetaan vain 60 prosentista sähköntuotannon tukea. Kokopuu- ja rankahakkeelle maksetaan jatkossa oletuksena 60 % tukea mutta myös täyden tuen saaminen on mahdollista, jos pystyy osoittamaan, että käytetty metsähake on peräisin muualta kuin järeän puun hakkuukohteesta tai puutavaralajia ei yleisesti käytetä jalostukseen. (Energiavirasto 2018a)

Järeän puun tuotantotuen raja koskee kokopuu- ja rankahaketta, eikä sillä ole vaikutusta metsätähdehakkeeseen ja -murskeeseen tai kantomurskeeseen (Energiavirasto 2015). Kokopuu tarkoittaa karsimatonta puuta kanto ja juuristo pois lukien. Kokopuu sisältää rungon, kuoret, oksat ja neulas/lehdet. Rankahake valmistetaan karsitusta runkopuusta. (Alakangas et al. 2016)

Energiaviraston (2015) mukaan kokopuu- ja rankahakkeelle maksetaan alennettua tukea, jos se on peräisin järeän puun hakkuukohteelta korjatusta jalostuskelpoisesta tukki- tai kuitupuusta. Täyttä tukea voidaan maksaa kokopuu- ja rankahakkeelle, jos puu on peräisin muualta kuin järeän puun hakkuukohteista tai jos kyseistä puutavaralajia ei yleisesti käytetä jalostukseen. Muita kuin järeän puun hakkuukohteita voivat olla kemera- hakkuukohteet, ei järeän puun hakkuukohteille tehtävät ensiharvennukset tai erityiskoh- teet, kuten pellonreuna-, ojalinja- tai tonttihakkuut. Puutavaralajien ehto tarkoittaa, että täyttä tukea maksetaan, jos puu on pieniläpimittaista, muuta kuin mäntyä, kuusta tai koi- vua, tai mikäli puussa on laatuvirheitä. Pieniläpimittaisuus tarkoittaa, että puuston keski- läpimitta rinnankorkeudelta (1,3 m) on alle 16 cm. Kemera-hakkuukohde tarkoittaa kes- tävän metsätalouden rahoituslain mukaisesti tuettua metsänhoitoa.

Kun tukikelpoisuutta arvioidaan, selvitetään ensin onko kokopuu- tai rankahake peräisin järeän puun hakkuukohteesta. Jos näin ei ole, puulla tuotettu sähkö on oikeutettu 100 % tukeen, mikäli puun alkuperätiedot ovat saatavilla. Jos puu on peräisin järeän puun hak- kuukohteesta, tuki riippuu siitä, onko puu jalostuskelpoista tukki- tai kuitupuuta. Jos puu on tukki- tai kuitupuuta männyistä, kuusista tai koivuista, puulla tuotettu sähkö on oikeu- tettu vain alennettuun 60 % tukeen. Muissa tapauksissa puulla tuotettu sähkö on oikeu- tettu täyteen 100 % tuotantotukeen. (Energiavirasto 2018a)

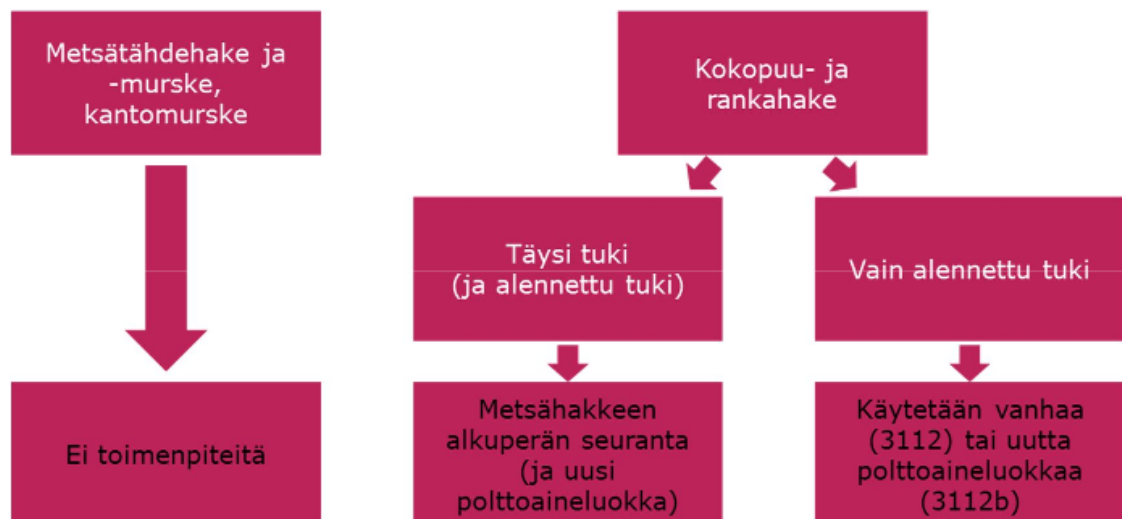
Mikäli voimalaitos haluaa hakea kokopuu- tai rankahakkeelle täyttä sähköntuotannon tu- kea, sen täytyy voida esittää, että yllä mainitut täyden tuen ehdot täyttyvät. Tämä todenta- minen tapahtuu seuraamalla kokopuu- ja rankahakkeen alkuperää. Vaihtoehtoisesti voi- malaitos voi hakea kokopuu- ja rankahakkeelle vain alennettua tukea, jolloin hakkeen alkuperää ei tarvitse seurata. Sähköntuotannon tukea voidaan hakea myös ulkomailta tuodulle kokopuu- tai rankahakkeelle. (Energiavirasto 2015)

Jos tariffijärjestelmässä mukana oleva metsähakevoimalaitos haluaa jatkossa saada täyt-

tä tukea kokopuu- ja rankahakkeelle, sen täytyy hakea energiavirastolta muutosta tuotantotuen hyväksymispäätökseen. Elokuussa 2018 tuotantotuen piirissä oli 53 metsähakevoimalaitosta, joista 7 laitoksen muutoshakemus oli hyväksytty, 29 laitoksen muutoshakemuksen käsittely oli kesken ja 1 laitos oli ilmoittanut, ettei aio hakea muutosta. Muutoshakemusta ei tarvitse tehdä, jos laitoksessa ei käytetä kokopuu- tai rankahaketta, tai jos laitos hakee kokopuu- tai rankahakkeelle vain 60 % sähköntuotantotukea. Yhteensä siis 37 laitosta oli reagoinut tuotantotuen muutokseen ja 16 tuotantotuen piirissä olevaa metsähakevoimalaitosta ei ollut hakenut muutosta tuotantotukeen. (Energiavirasto 2018a)

Tuotantotuen muutoksen hakemisen mielekkyyteen vaikuttavat päästöoikeuden hinta ja alkuperätietojen todentamisen kustannukset. Päästöoikeuden hinta oli pitkään niin alhainen, että metsähakkeella tuotetulle sähkölle maksettiin suurta syöttötariffia. Vuoden 2018 ja 2019 aikana päästöoikeuden hinta on noussut, minkä seurauksena metsähakkeen tuotantotuki on vähentynyt vuoden 2018 aikana. Vuonna 2019 tukea ei ole käytännössä maksettu ollenkaan. Tuotantotuen pientymisen seurauksena euromääräinen ero 100 % tuen ja 60 % tuen välillä on kaventunut. Täyden tuen ja osittaisen tuen erotus on 40 % täydestä tuesta. Vuoden 2018 ensimmäisellä kvartaalilla täyden tuen ja osittaisen tuen erotus oli $18,00 \text{ €/MWh} \cdot 0,4 = 7,2 \text{ €/MWh}$ ja vuotta myöhemmin $0,38 \text{ €/MWh} \cdot 0,4 = 0,15 \text{ €/MWh}$. Täyttä tukea ei kannata hakea, jos muutosprosessin ja alkuperätietojen todentamisen kulut ovat suuremmat kuin täydestä tuesta saatava hyöty.

Metsähakkeen tuotantotuen muutos on esitetty kuvassa 2.9. Metsätähdehakeelle ja -murskeelle sekä kantomurskeelle maksetaan edelleen täyttä tuotantotukea eikä järeän puun tuotantotuen muutos koske niitä. Voimalaitos voi hakea kokopuu- ja rankahakkeelle 100 % ja 60 % tuotantotukea riippuen hakkeen tukikelpoisuudesta. Vaihtoehtoisesti voimalaitos voi hakea kaikelle kokopuu- ja rankahakkeelle alennettua 60 % tuotantotukea, jolloin hakkeen alkuperätietoja ei tarvitse esittää.



Kuva 2.9. Kokopuu- ja rankahakkeen tuotantotuen muutos (Energiavirasto 2015)

2.6 Teollinen internet

Teollisella internetillä tarkoitetaan teollisuudessa käytettävien laitteiden liittämistä internetiin ja toisiinsa, sekä laitteista kerätyn datan jatkojalostusta ja hyödyntämistä. Teolliseen internetiin viitataan termeillä Industrial Internet tai Industrial Internet of Things (IIoT). Teollisen internetin käsitteen esitteli General Electric, joka ilmoitti tavoitteekseen lisätä tuotteisiinsa enemmän tiedonkeruuta ja sitä kautta parantaa teollisten järjestelmien hyötysuhdetta (Leber 2012). Teollista internetiä on kuvattu myös neljänneksi teolliseksi vallankumoukseksi ja siitä käytetään myös termiä Industry 4.0 (Rehman et al. 2019).

Teollisessa internetissä kaiken keskiössä on data. Dataa pystytään keräämään enenevässä määrin johtuen tietokoneiden kehityksestä, tallennustilan halventumisesta ja tietoliikenneyhteyksien paranemisesta. Pelkkä data itsessään ei kuitenkaan ole teollisen internetin päämäärä vaan datasta kaivetaan esiin hyödyllistä tietoa (Collin ja Saarelainen 2016). Eräs tapa tiedon jalostamiseen on koneoppiminen (Harmaala 2018).

Teolliseen internetiin liittyvät olennaisesti pilvipalvelut. Pilvipalvelulla tarkoitetaan laskenta- ja tallennuskapasiteetin ostamista palveluna. Palvelun ostajalla ei siis tarvitse olla omia palvelimia, joilla laskenta suoritetaan ja data tallennetaan. Pilvipalvelut mahdollistavat myös helpon skaalautuvuuden. Collinin ja Saarelaisen (2016) mukaan pilviratkaisuilla voidaan saavuttaa kustannussäästöjä, kun datan käsittelyyn vaadittava laskenta- ja tallennuskapasiteetti ostetaan palveluna. Pilvipalvelualustoja ovat esimerkiksi Amazonin omistama Amazon Web Services (AWS) ja Microsoftin Azure.

Nopanen (2017) tiivistää teollisen internetin hyödyt voimalaitosten prosessidatan analysoinnin näkökulmasta neljään kategoriaan.

- Uudet ja kehittyneet tuotteet sekä palvelut
- Datan saatavuus suuremmalle yleisölle
- Toimituskustannusten ja skaalautuvuuden parantuminen
- Mahdollisuus analytiikkaan ja benchmarkingiin

Teollinen internet mahdollistaa uusia tuotteita, kuten eri laitteiden vertailua reaaliajassa tai suurien datamäärien tutkimiseen perustuvaa analytiikkaa. Datan parempi saatavuus tarkoittaa BI-työkalujen (Business Intelligence) mahdollistamaa helppoa datan käsitteilyä sekä tiedon esittämistä ihmisten helpommin ymmärtämässä muodossa. Teollinen internet voi nopeuttaa sovellusten toimittamista asiakkaille. Lisäksi pilvipalveluiden käyttö mahdollistaa tallennus- ja laskentakapasiteetin joustavan skaalautuvuuden ilman suurta alkuinvestointia. Prosessidatan keskittäminen monelta voimalaitokselta mahdollistaa eri laitosten suorituskyvyn vertailun sekä useampien laitosten optimoinnin.

2.7 Liitynnät järjestelmien välillä

Diplomityön puitteissa tehdyissä asiantuntijahaastatteluissa nousi esiin tarve liittää eri toimijoiden käyttämiä tietojärjestelmiä toisiinsa. Tässä luvussa avataan liitynnän käsitettä ja esitellään mahdollisia toteutustekniikoita. Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen tapauksessa tietoa siirretään CSV-tiedostoina (comma-separated values) sekä papiNet-protokollan mukaisina XML-tiedostoina (Extensible Markup Language). Mahdollisia tiedonsiirtotekniikoita ovat ainakin SFTP (SSH File Transfer Protocol) ja web service. Esitellään viestinvälitysjärjestelmä Forest Hub, jota käyttävät muun muassa voimalaitokset ja metsäyhtiöt.

Tässä työssä liitynnällä tarkoitetaan tiedonkulkua eri tietojärjestelmien välillä. Liitynnän avulla tietoa voidaan siirtää järjestelmästä toiseen. Käsitellään tietojärjestelmien integrointia metsäteollisuudessa sekä keskittyyään erityisesti Tiedon kehittämään Forest Hub -palveluun.

2.7.1 Liitynnät metsäteollisuudessa

Nikanderin (2017) mukaan metsäteollisuuden toimitusketju on biotalouden osa-alue, jossa tietokoneohjelmistojen integrointi ja toimitusketjun osapuolten välinen automaattinen tiedonvälitys on pitkälle kehittyntä. Pohjoismaissa yksi syy tälle on se, että metsäteollisuutta hallitsevat muutamat isot yritykset. Näiden yritysten hallitseva markkina-asema mahdollistaa sen, että yritykset pystyvät luomaan toimitusketjulle haluamansa laiset standardit.

Nikanderin (2017) mukaan pohjoismaissa metsäteollisuus käyttää vähintään kahta tärkeää, kansainvälisesti tuettua tiedonvälitysstandardia, jotka ovat StanForD ja papiNet. StanForD (Standard for Forest machine Data and Communication) on Ruotsin metsätieteen tutkimuskeskuksen (Forestry Research Institute of Sweden) ylläpitämä standardi, joka on tarkoitettu tiedon tallentamiseen ja välittämiseen metsäkoneiden välillä. papiNet puolestaan on tarkoitettu tiedon välittämiseen metsäteollisuudessa toimitusketjun eri osapuolten välillä. papiNet-standardia käytetään muun muassa Tiedon Forest Hubissa (Tieto 2017) sekä ranskalaisen metsäteollisuuden tietoliikenteen standardisointia ajavassa eMOBOIS-projektissa (Ginet 2014). Myös Metsä Groupin puunhankinnasta ja metsäpalveluista vastaava Metsä Forest käyttää papiNet-viestintää Otso-toiminnanohjausjärjestelmän sekä LogForcen väliseen viestintään. LogForce on kuljetusliikkeiden käyttämä sovellus, jota voi käyttää muun muassa kuljetusten suunnittelemiseen (Heinonen 2015). StanForD ja papiNet -standardien lisäksi on olemassa lukuisia kansallisia standardeja erinäisiin tarkoituksiin. Suomessa näitä standardeja ylläpitää Suomen Metsäkeskus. Sen mukaan standardien avulla voidaan helpottaa avointen aineistojen käyttöä sekä toimijoiden välistä tiedonsiirtoa. (*Metsätietostandardit* 2014)

Ginet (2014) esittelee ranskalaista metsäteollisuuden digitalisaatiota edistävää

eMOBOIS-projektia. Tavoitteena on helpottaa ranskalaisen metsäteollisuuden toimitusketjuun kuuluvien osapuolten välistä viestintää standardoimalla viestiliikennettä. Ilman standardiratkaisua kaikki viestintä tapahtuu eri toimijoiden välillä eri tavalla, mikä on hankalaa. Ilman standardointia jokaisella yrityksellä täytyy olla erilliset liittynät kaikkien niiden yritysten järjestelmiin, joiden kanssa yritys välittää informaatiota. Kyselyiden perusteella eMOBOIS-projektissa päädyttiin siihen, että tarvetta on sekä sähköiselle viestinvälitykselle että metsiin liittyvän paikkatiedon standardointiin, keräämiseen, keskittämiseen ja yhtenäistämiseen kansallisella tasolla. Tämän lisäksi tärkeänä pidettiin sitä, että myös pienet yritykset pystyvät hyödyntämään tätä informaatiota.

2.7.2 Tieto Forest Hub

Forest Hub on Tiedon kehittämä palvelu, joka on tarkoitettu tiedonvälitykseen metsäteollisuuden eri toimijoiden välille. Forest Hubin tavoitteena on tarjota reaaliaikainen ja läpinäkyvä toimitusketju kaikille osapuolille, parantaa toimitusten tarkkuutta ja varastojen optimointia sekä helpottaa suunnittelua. Forest Hub yhdistää metsäteollisuuden toimitusketjuun kuuluvat yritykset toisiinsa. Forest Hub helpottaa kommunikaatiota eri toimijoiden kesken korvaamalla yksittäisten toimijoiden väliset liittynät keskitetyllä tiedonvälityksellä ja määrämuotoisilla papiNet-standardin mukaisilla viesteillä. Forest Hubin kehitystyössä ovat olleet mukana myös suomalaiset metsäteollisuusyritykset Metsä Group ja UPM (Tieto 2017). Lisäksi Forest Hubin kanssa yhteistyötä tekee PiiMega, jonka tuotteita ovat muun muassa puunhankinnan, korjuun ja logistiikan toiminnanohjausjärjestelmä Forest-Pro sekä metsätöiden ja logistiikan hallintasovellus LogPro (PiiMega 2019).

Ginetin (2014) mukaan eMOBOIS-projektissa tunnistettiin tarve erilaisille liittynöille niin, että erilaiset yritykset voivat käyttää samaa palvelua eri liittynän kautta. Suuremmat yritykset voivat kytkeä viestinnän suoraan osaksi toiminnanohjausjärjestelmäänsä. Niille toimijoille, jotka eivät halua liittää viestintää toiminnanohjausjärjestelmään, tarjotaan web-käyttöliittymä, jonka avulla viestejä voidaan lähettää ja vastaanottaa. Vastaavasti Forest Hub tarjoaa pienemmille toimijoille mahdollisuuden käyttää palvelua web-käyttöliittymän kautta (Tieto 2019).

Forest Hub käyttää kolmea papiNet-standardin mukaista viestiä: DeliveryInstruction, DeliveryMessage ja MeasuringTicket (Tieto 2018). DeliveryInstruction-viestiä voidaan käyttää tavaratoimitusten ohjeistamiseen. Viestiä voidaan käyttää sekä varaston sisäiseen hallintaan että toimituksiin asiakkaille (papiNet 2019a). DeliveryMessage-viestillä voidaan lähettää tieto kuljetuksen sisällöstä useille eri toimijoille, kuten kuljetusyhtiölle sekä tuotteen ostajalle. Viesti sisältää yleistä tietoa toimituksesta, kuten kuka viestin lähettää ja kenelle se on osoitettu. Lisäksi viesti sisältää tietoa saapuvasta kuormasta, kuten kuljetavan ajoneuvon tiedot sekä kuljetuksessa olevien tuotteiden tunnisteet ja määrät. Yksi kuljetus voi sisältää useampaa tuotetta, jolloin ne eritellään viestissä. Viesti voidaan lähettää ennen toimitusta tai sen jälkeen (papiNet 2019b). MeasuringTicket-viestiä voidaan käyttää tuotteista tehtyjen mittauksien tulosten ilmoittamiseen. Mittaustulokset voidaan

kohdentaa esimerkiksi kokonaiselle toimitukselle tai sen osalle (papiNet 2019c). MeasuringTicket-viestillä voidaan ilmoittaa muun muassa kuljetetun tuotteen massa, kosteuspitoisuus, lämpöarvo ja energiasisältö (Tieto 2018).

Esimerkki DeliveryMessage-viestistä on kuvassa 2.10. Viesti muodostuu XML-elementeistä, joita voi olla sisäkkäin ja peräkkäin rajattomasti. Esimerkiksi riviltä 2 riville 68 ulottuva DeliveryMessage-elementti sisältää riviltä 3 alkavan DeliveryMessageHeader-elementin, riviltä 35 alkavan DeliveryMessageLineItem-elementin sekä riviltä 63 alkavan DeliveryMessageSummary-elementin. Osa viestin sisällöstä on piilotettu tässä kuvassa. Tässä viestissä on kyse 20 asiakasrullan toimituksesta paperia tilanneelle asiakkaalle. Viestistä nähdään muun muassa yksittäisen rullan paino 1177 kg sekä rullien toimittajan tunniste XYZ12345.

```

1  <?xml version = "1.0" encoding = "UTF-8"?>
2  <DeliveryMessage xmlns:xsi = "http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
   DeliveryMessageStatusType = "Original" DeliveryMessageType = "DeliveryMessage"
   xsi:noNamespaceSchemaLocation = "DeliveryMessageV2R30.xsd">
3    <DeliveryMessageHeader>
35   <DeliveryMessageLineItem>
36     <DeliveryMessageLineItemNumber>2</DeliveryMessageLineItemNumber>
37     <Product>
40     <NumberOfPackages>20</NumberOfPackages>
41     <Quantity QuantityType = "GrossWeight" QuantityTypeContext = "Delivered">
42       <Value UOM = "Kilogram">1177</Value>
43     </Quantity>
44     <PackageInformation PackageType = "ReelPackage">
45       <Identifier IdentifierType = "Barcode" IdentifierCodeType = "Supplier">XYZ12345</Identifier>
46       <ItemCount>
47         <Value UOM = "Reel">1</Value>
48       </ItemCount>
49       <Quantity QuantityType = "GrossWeight" QuantityTypeContext = "Delivered">
50         <Value UOM = "Kilogram">1177</Value>
51       </Quantity>
52     </PackageInformation>
53     <PackageInformation PackageType = "ReelPackage">
54       <Identifier IdentifierCodeType = "Supplier" IdentifierType = "Barcode">ABC98765</Identifier>
55       <ItemCount>
56         <Value UOM = "Reel">1</Value>
57       </ItemCount>
58       <Quantity QuantityType = "GrossWeight" QuantityTypeContext = "Delivered">
59         <Value UOM = "Kilogram">1172</Value>
60       </Quantity>
61     </PackageInformation>
62   </DeliveryMessageLineItem>
63   <DeliveryMessageSummary>
68 </DeliveryMessage>

```

Kuva 2.10. Esimerkki DeliveryMessage-viestistä (papiNet 2019b)

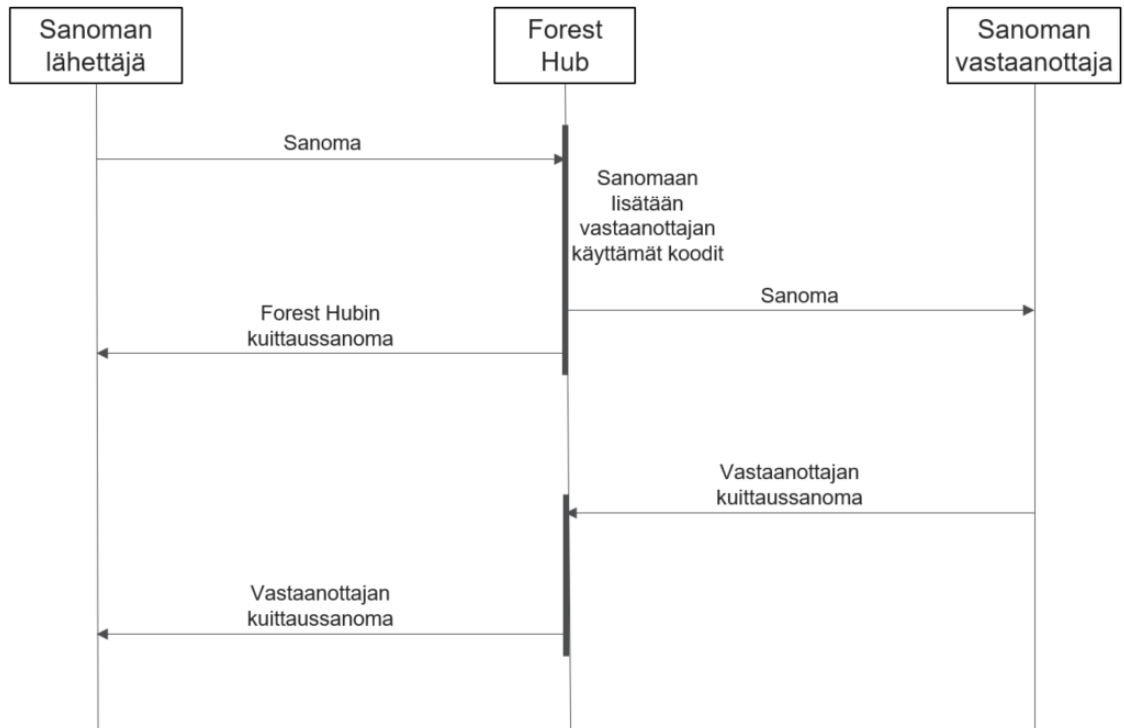
Forest Hubin avulla polttoaineen toimittajat ja voimalaitokset voivat viestiä toisilleen. Polttoaineen toimittaja lähettää tiedon tulevasta kuormasta käyttäen DeliveryMessage-sanomaa, jota kutsutaan ennakkosanomaksi. Viestissä mukana on polttoainekuorman yksilöivä tunniste, jonka avulla kuorma voidaan jäljittää. Viesti sisältää tiedon siitä, mitä polttoaineita kuorma sisältää, sekä arvion eri polttoaineiden määrästä. Kun polttoainekuorma on analysoitu voimalaitoksella, voidaan analyysitiedot lähettää takaisin polttoaineen toimittajalle Forest Hubin avulla käyttäen MeasuringTicket-sanomaa, jota kutsutaan analyysi-

sanomaksi. Analyysisanomassa kerrotaan kuorman massa, kosteus, lämpöarvo sekä energiasisältö. Analyysisanoma sisältää myös ennakkosanoman mukana tulleen kuorman yksilöllisen tunnisteiden, jonka avulla analyysin kohdentaminen oikeaan kuormaan polttoaineen toimittajan järjestelmässä on helppoa.

Yksi Forest Hubin tärkeä ominaisuus on sen tekemät koodikonversiot. Koodikonversioilla tarkoitetaan eri osapuolien käyttämien tunnisteiden kohdentamista toisiinsa. Koodikonversio voidaan tehdä puutavaralajille, toimittajalle, kuljetusmuodolle, toimituskohteelle, kuljetusyritykselle, hakkuutavalle, mittaustavalle ja laatuluokalle (Tieto 2019). Esimerkiksi polttoaineen toimittaja voi käyttää metsätähdehakkeelle puutavaralajikoodia 123, kun taas voimalaitoksella metsätähdehakkeen koodi on 345. Forest Hub käyttää vielä erillistä koodistoa, jonka kautta tunnisteiden kohdentaminen tapahtuu. Forest Hubissa metsätähdehakkeen koodi voisi olla 234. Jos nyt polttoaineen toimittaja toimittaa voimalaitokselle kuorman metsätähdehaketta, ja lähettää siitä Forest Hubin kautta voimalaitokselle ennakko viestin, niin voimalaitos näkee vastaanottaessaan viestin kaikki kolme koodia: polttoaineen toimittajan koodin 123, Forest Hubin koodin 234 ja voimalaitoksen koodin 345. Keskitettyjen koodikonversioiden käyttäminen helpottaa huomattavasti konversioiden ylläpidettävyyttä verrattuna tilanteeseen, jossa yritys joutuisi ylläpitämään konversioita erikseen jokaisen kumppaninsa järjestelmää varten (Ginet 2014). Keskitetyt koodikonversiot helpottavat myös uusien toimijoiden mukaan liittymistä, koska vanhojen toimijoiden ei tarvitse määritellä uusia koodikonversioita.

Forest Hubin kautta voidaan määritellä myös yhden suhde moneen -tyyppisiä koodikonversioita. Viestien lähettäjät ja vastaanottajat eivät määrittele koodikonversioita suoraan toistensa koodeihin vaan kaikki koodikonversiot tehdään Forest Hubin koodien kautta. Yksittäisten toimijoiden järjestelmissä tietyt koodistot saattavat olla Forest Hubin koodistoa tarkempia. Esimerkiksi Forest Hubin puutavaralajiluokka Sekapuu-Pyöreä-Energia voi vastata joillain toimijoilla useampaa eri koodia (Tieto 2018). Näin ollen informaatiota hukkuu konversioissa, kun useampi puutavaralaji niputetaan saman Forest Hubin koodin alle. Jos toimijalla on useampi koodi yhtä Forest Hubin koodia vasten, täytyy toimijan määritellä, mitä koodia käytetään ensisijaisesti. Jos nyt konversio tehdään Forest Hubin koodista toimijan koodiin, niin käytetään ensisijaiseksi määriteltä koodia.

Esimerkki yksittäisen sanoman tiedonkulusta Forest Hubin kautta on esitetty kuvassa 2.11. Sanoman lähettäjä voi olla esimerkiksi polttoaineen toimittaja, joka lähettää ennakko viestin Forest Hubin kautta sanoman vastaanottajalle, joka on voimalaitos. Ensiksi sanoman lähettäjä lähettää sanoman Forest Hubiin. Forest Hub muokkaa sanomaa lisäämällä siihen sanoman vastaanottajan käyttämät koodistot, ja lähettää muokatun sanoman edelleen sanoman vastaanottajalle. Forest Hub myös kuittaa sanoman lähettäjälle, että sanoman välittäminen on onnistunut. Jos viestissä on virheitä, kuten jos viestin rakenne ei vastaa sovittua määrämuotoista sanomaa, tai jos viestissä käytettyjä koodeja ei ole määritetty, niin Forest Hub ilmoittaa siitä sanoman lähettäjälle kuittaussanomassa. Sanoman vastaanottaja myös erikseen kuittaa saamansa viestin lähettämällä kuvassa näkyvän vastaanottajan kuittaussanoman. Tällä vastaanottaja ilmoittaa Forest Hubille,



Kuva 2.11. Yksittäisen sanoman tiedonkulku Forest Hubissa. Mukailtu lähteestä (Tieto 2018)

että viesti on tullut perille ja se on luettu onnistuneesti. Jos viestin lukeminen ei onnistu, siitä ilmoitetaan kuittausanomalla. Tämän jälkeen Forest Hub välittää vastaanottajan kuittausanomaa alkuperäisen sanoman lähettäjälle. (Tieto 2018)

3 HAASTATTELUT

Diplomityölle asetettuja tutkimuskysymyksiä tutkittiin asiantuntijahaastatteluilla. Tutkimuksessa haastateltiin Valmetin asiantuntijoita (Kiviniemi, Luomaharju, Maunula, Rautiainen, Sairanen ja Rautiainen, Uski), voimalaitoshenkilökuntaa (Koskiniemi, Taskinen ja Räisänen), polttoaineen toimittajia (Höglund, Pylväinen ja Kantola) ja biopolttoaineen asiantuntijoita (Kilponen). Osa haastatteluista järjestettiin varta vasten diplomityön tutkimusta varten ja osa haastatteluista liittyi ensisijaisesti Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen kehittämiseen.

Polttoaineen toimitusketjun hallintaa helpottamaan voidaan luoda myös sovelluksia, jotka eivät hyödynnä teollista internetiä. Tässä tutkimuksessa painotettiin nimenomaan sitä, mitä hyötyä teollisesta internetistä voisi polttoaineiden toimitusketjun hallinnassa olla. Tutkimuksessa tuli kuitenkin esiin tapauksia, joista ei voida yksiselitteisesti sanoa, onko kyseessä nimenomaan teollisen internetin tarjoama mahdollisuus, vai olisiko sama asia toteutettavissa myös ilman teollista internetiä. Esimerkiksi teollinen internet voi helpottaa voimalaitoksen polttoaineseoksen optimointia mutta polttoaineseoksen optimointiin löytyy myös muita menetelmiä, jotka eivät hyödynnä teollista internetiä.

Haastatteluiden tulokset on esitetty luvuissa 3.1–3.4.

3.1 Teollisen internetin mahdollisuudet polttoaineiden toimitusketjun hallinnassa

Tähän lukuun on kerätty haastatteluissa esiin tulleita tuloksia, jotka liittyvät ensimmäiseen tutkimuskysymykseen: Mitä mahdollisuuksia teollinen internet tarjoaa polttoaineen toimitusketjun hallintaan?

Polttoaineen tilaaminen

Teollisen internetin polttoainesovelluksella voidaan helpottaa voimalaitoksen polttoaineen tilaamista. Tällaisen sovelluksen avulla polttoainetilaukset voidaan välittää eri osapuolille, kuten polttoaineen toimittajalle ja logistiikkayhtiölle. Sovellus auttaa voimalaitoksen polttoaineen tilaamisesta vastaavaa henkilöä tilaamaan polttoainetta. Sovellus helpottaa polttoaineen tilaamista ottamalla huomioon polttoaineen toimittajien kanssa tehdyt toimitussopimukset. Polttoainetta tilattaessa täytyy huomioida myös esimerkiksi tuotannon tarve, joka voi riippua sähkön markkinahinnasta ja kaukolämmön kysynnästä. Polttoainetta

tilattaessa huomioidaan myös eri polttoaineiden suhde, jos laitos käyttää useampaa polttoainetta. Optimaalinen polttoaineseos voi riippua myös tuotannon määrästä, eli täydellä teholla ajettaessa optimaalinen polttoaineseos voi olla erilainen kuin osakuormilla ajettaessa. Sovelluksen avulla voidaan myös helpottaa tilausten toteutumisen seurantaakin niin viikkotilausten kuin myös sopimuskauden osalta.

Eri voimalaitoksilla käytetään erilaisia polttoaineita tai polttoaineseoksia. Käytettävä polttoaine riippuu siitä, minkälaista polttoainetta varten kattila on suunniteltu. Polttoaineen laatu- ja tekniset voimalaitoksella käytettävää polttoaineen sallittu kosteus riippuu paljon siitä, onko laitoksessa käytössä savukaasupesuria, jolla polttoaineen kosteudesta saadaan lämpöä talteen. Myös yksittäisellä voimalaitoksella voidaan haluta käyttää erilaista polttoainetta riippuen vuodenajasta ja tuotannon määrästä. Haastatteluissa tuli ilmi ajatus siitä, kuinka teollisen internetin polttoainesovelluksella voitaisiin saada polttoaineen ostajan ja myyjän tarpeet paremmin kohtaamaan. Voimalaitokset voisivat järjestelmän kautta ilmoittaa minkälaista polttoainetta laitokselle halutaan ostaa. Vastaavasti polttoaineen toimittajat voisivat ilmoittaa arvion saatavilla olevan polttoaineen laadusta sekä hinnan. Tämä olisi mahdollista, koska sovelluksen avulla polttoaineen toimittajalla voisi olla aiempaa tarkempi käsitys heidän varastoissaan olevien polttoaineiden laadusta.

Polttoaineseoksen optimointi

Haastatteluissa esiin nousi tarve optimoida voimalaitoksella käytettävää polttoaineseosta. Polttamiseen perustuva voimantuotanto aiheuttaa ympäristölle haitallisia päästöjä, joiden määrää pyritään vähentämään. Tulevaisuudessa päästörajat tulevat tiukentumaan ja voimalaitosten täytyy entistä tarkemmin miettiä, mitä polttoaineita käytetään.

Monissa voimalaitoksissa käytetään polttoaineena biopolttoaineiden ja turpeen sekoitusta. Kattiloissa halutaan välttää likaantumista, joka johtuu biopolttoaineen sisältämästä kloorista. Likaantumista voidaan välttää käyttämällä rikki- ja klooripitoista polttoainetta, kuten turvetta. Voimalaitosten käyttämä polttoaineiden suhde on yleensä jokin toimivaksi todettu vakioluku: esim. 70 % biopolttoaineita ja 30 % turvetta. Optimaalinen polttoaineseos riippuu kuitenkin tuotantomäärästä. Osakuormilla ajettaessa lämpötilat kattilassa ovat alhaisemmat, mikä vähentää likaantumisen riskiä. Tämän takia turpeen osuutta polttoaineesta voisi vähentää, kun laitosta ajetaan osakuormalla.

Voimalaitoksella käytettävä polttoaineseos vaikuttaa myös syntyvän tuhkan laatuun. Voimalaitoksen polttoprosessissa polttoaineesta jää jäljelle tuhkaa, joka poistetaan voimalaitoskattilasta. Tuhkaa voidaan hyödyntää maanrakennuksen tarkoituksiin. Tuhka luokitellaan sen laadun mukaan ja käyttökohteesta riippuu, minkälaisia laatuvaatimuksia tuhkalta asetetaan. Huonolaatuinen tuhka voidaan joutua viemään kaatopaikalle, mistä joudutaan maksamaan veroa sekä kaatopaikkamaksua. Syntyvä tuhka riippuu voimalaitoksen käyttämästä polttoaineesta. Polttoaineseoksen optimoinnilla voitaisiin pyrkiä välttämään tilanne, jossa tuhkan laatu on niin huono, että tuhka täytyy viedä kaatopaikalle.

Tietojärjestelmien integroinnin hyödyt

Teollisen internetin polttoainesovelluksen avulla voidaan yhdistää eri tietolähteistä tule-

vaa tietoa. Vanhassa mallissa polttoainekuorman kuljettaja on syöttänyt polttoainekuorman tiedot, kuten tuotteen ja lähtöpaikan, käsin voimalaitoksella olevaan polttoainetietojärjestelmään. Uudessa mallissa nämä tiedot voidaan saada liittymän avulla suoraan polttoaineen toimittajan järjestelmästä niin sanotulla ennakkokuormaviestillä. Tämä vähentää kuljettajan käsityötä ja sitä myötä myös virheiden määrää. Lisäksi polttoaineen toimittaja pystyy korjaamaan tietoja jälkikäteen järjestelmän kautta lähettämällä korjauksen ennakkokuormaviestiin.

Kaikki polttoainekuorman tiedot eivät ole kuitenkaan polttoaineen toimittajan tiedossa. Polttoainekuorma punnitaan voimalaitoksella ja kuormasta otetusta näytteestä analysoidaan polttoaineen kosteus, lämpöarvo ja tuhkapitoisuus. Nämä tiedot tulevat jatkossakin voimalaitoksen järjestelmästä. Järjestelmien integroinnin ansiosta voimalaitoksella ja erillisissä laboratorioissa mitatut analyysitiedot voidaan välittää takaisin polttoaineen toimittajan järjestelmään, missä analyysitiedot linkittyvät polttoaineen toimittajalla ennestään oleviin tietoihin.

Polttoaineen toimittajan lähettämien ennakkokuormaviestien avulla voimalaitoksella voidaan varautua laitokselle tulossa oleviin polttoainekuormiin. Haastattelussa voimalaitoshenkilökunnan kanssa tuli ilmi nykyinen käytäntö, jossa turvekuormia tuovat kuljettajat soittavat voimalaitokselle ilmoituksen, että ovat tulossa. Voimalaitoksen pihaan turvekuormien purkaminen ei ole sallittua, joten polttoaineen vastaanottohallin pitää olla vapaaana silloin, kun turvekuorma saapuu. Kun kuormasta lähetetään ennakkokuormaviesti, niin puhelua ei tarvita vaan voimalaitos pystyy seuraamaan tulevia kuormia polttoainetietojärjestelmän avulla.

Polttoaineen alkuperän seurannan tärkeys tulee tulevaisuudessa korostumaan. Toistaiseksi biopolttoaineissa polttoaineen alkuperän seuranta liittyy järeän puun tuotantotuen rajaukseen, eli koskee vain kokopuu- ja rankahaketta. Jatkossa polttoaineen alkuperätietojen vaatimus tulee laajentumaan koskemaan muitakin polttoaineita. Metsähakkeen tapauksessa puun alkuperätieto on parhaiten selvillä sillä hetkellä, kun puu kaadetaan. Logistiikkaketjun aikana jäljitettävyyttä katkeaa. Katkeamaton toimitusketjun seuranta saadaan aikaan toimitusketjun eri osapuolten tietojärjestelmien integroinnilla, mikä tukee polttoaineen alkuperän seurantaa. Alkuperän seurannan läpinäkyvyyttä voidaan parantaa välittämällä polttoainetiedot toimijoiden välillä käyttäen esimerkiksi Forest Hubia. Puupolttoaineiden tapauksessa alkuperätietoja on myös Metsäkeskuksella ja metsäsertifioinnin muodossa.

Polttoainetietojen raportointi

Teollinen internet mahdollistaa nopeamman ja paremman polttoaineraportoinnin polttoaineen toimittajille. Polttoaineen toimittaja saa reaaliaikaisen raportoinnin avulla paremman käsityksen toimittamansa polttoaineen laadusta. Polttoaineen toimittaja pystyy näin ollen myös reagoimaan mahdollisiin poikkeamiin polttoaineen laadussa. Polttoaineen laadun ennustettavuutta voidaan parantaa myös yhdistämällä analyysitietoja eri lähteistä. Kun monen voimalaitoksen polttoainetiedot yhdistetään samaan järjestelmään, voidaan

polttoaineiden analyysitietoja hyödyntää myös ristiin. Esimerkiksi Protaconin kehittämässä Once-polttoainesovelluksessa tietyltä suolta tulevalle turpeelle tehtyt rikkipitoisuuden analyysit jaetaan eri voimalaitosten kesken.

Teollisen internetin avulla voidaan keskittää tietoja useammasta samanlaisesta lähteestä samaan järjestelmään. Esimerkiksi useamman voimalaitoksen polttoainetiedot voidaan raportoida samalla sovelluksella. Tämä helpottaa käyttäjiä, jotka seuraavat useamman voimalaitoksen polttoainetoimituksia ja haluavat nähdä ne keskitetyssä järjestelmässä. Tämä voi hyödyttää siis isoja voimalaitosyhtiöitä, jotka voivat järjestelmän avulla hallita useamman voimalaitoksen polttoaineiden tilausta. Lisäksi useammalle voimalaitokselle polttoainetta toimittavat polttoaineen toimittajat voivat hyötyä yhtenäisestä järjestelmästä.

Teollisen internetin sovelluksen ylläpito

Polttoainesovelluksen keskittäminen teollisen internetin avulla helpottaa myös sovelluksen kehittäjän ylläpitotyötä verrattuna malliin, jossa sovellus asennetaan erikseen jokaisen voimalaitoksen omalle palvelimelle. Keskitetyssä sovelluksessa sovelluksen uudet ominaisuudet ja sovelluksesta löydettyjen virheiden korjaukset tulevat saman tien kaikkien asiakkaiden käyttöön, eikä niitä tarvitse erikseen tehdä jokaiselle asiakkaalle. Toisaalta yksittäisten asiakkaiden tarpeiden mukaan räätälöityjen sovellusten ylläpitäminen voi olla vaikeampaa keskitetyssä järjestelmässä kuin asiakkaan palvelimella toimivassa sovelluksessa.

Pilvipalveluiden eduksi luetaan usein kustannussäästö, joka saavutetaan, kun datan käsittelyyn vaadittava laskenta- ja tallennuskapasiteetti ostetaan palveluna. Haastattelussa tuli esiin myös vastakkainen mielipide, eli pilvipalvelun kustannukset eivät välttämättä olekaan pienemmät kuin kustannukset mallissa, jossa jokaisella asiakkaalla on oma sovelluspalvelin. Jotkut asiakkaat eivät tietoturvasyistä halua käyttää pilvipalveluita, joissa luottamuksellista dataa lähetetään kolmansien osapuolien järjestelmiin. Tämän varalta olisi hyvä voida tarjota sovellukset sekä pilvessä että asiakkaan omalla palvelimella. Haastattelussa saadun tiedon perusteella suurin osa polttoainesovelluksen mahdollisista asiakkaista hyväksyy pilviratkaisun.

3.2 Polttoaineen toimitusketjuun kuuluvat sidosryhmät

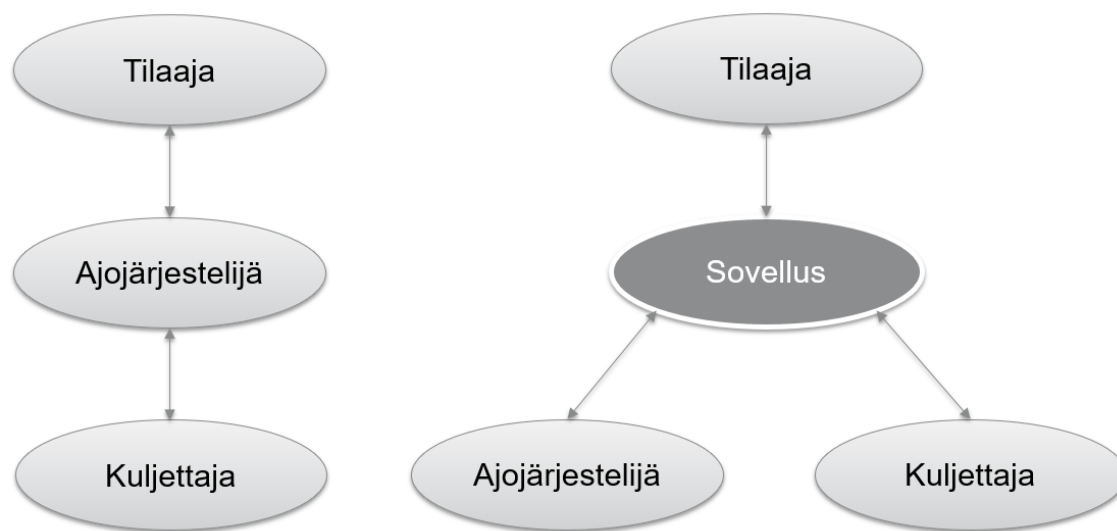
Tähän lukuun on kerätty haastatteluissa esiin tulleita tuloksia, jotka liittyvät toiseen tutkimuskysymykseen: Miten teollisen internetin sovelluksella voidaan palvella polttoaineen toimitusketjuun liittyviä sidosryhmiä, kuten polttoaineen toimittajia?

Polttoaineen toimitusketjuun kuuluvia sidosryhmiä ovat voimalaitos, polttoaineen toimittaja, logistiikkayhtiö, voimalaitoksen sivutuotteiden ostaja, polttoaineanalyysit tuottava laboratorio sekä polttoaineen käyttöä seuraava viranomais. Tässä luvussa käsiteltävät tulokset liittyvät pääosin polttoaineen toimittajiin sekä logistiikkaan.

Teollisen internetin avulla polttoainetietoja voidaan jakaa eri osapuolten kesken aiem-

paa nopeammin. Vanhassa mallissa polttoainetiedot ovat olleet voimalaitoksen polttoainetietojärjestelmässä, josta niitä on lähetetty polttoaineen toimittajille päivittäin tai kuukausittain polttoaineraportti pdf- ja excel-tiedostoina. Päivittäisessä polttoaineraportissa on ollut kuluvan kuukauden polttoainekuormat. Uudessa teollisen internetin polttoainesovelluksessa tiedot ovat eri osapuolten käytettävissä aiempaa nopeammin, koska tiedot päivittyvät järjestelmään saman tien kaikkien osapuolten nähtäväksi. Kuukausittaiseen raportointiin verrattuna polttoaineen toimittaja pystyy reagoimaan polttoaineraportointiin huomattavasti paremmin, kun käytetään uutta reaaliaikaista menetelmää. Polttoaineen toimittaja voi saada järjestelmän kautta tiedon polttoaineen kosteuspitoisuudesta eri varastoissa. Toimittaja voi näin ollen reagoida esimerkiksi tilanteeseen, jossa tietystä varastosta tuleva polttoaine on liian kosteaa. Päivittäin lähetettyyn raportointiin verrattuna uusi järjestelmä ei paranna ennustettavuutta, koska kosteusanalyysit tehdään vuorokausitasolla, ja kosteus on ilmoitettu päivittäisessä polttoaineraportoinnissa.

Polttoaineen toimitusketjuun liittyvät olennaisesti voimalaitoksen ja polttoaineen toimittajan lisäksi myös polttoainekuormia ajavat logistiikkayhtiöt. Logistiikkayhtiöön voi kuulua erikseen ajojärjestelijä ja kuljettajat. Haastatteluissa esiin tuli toimintatapa, jota pystyttiin kehittämään tietoteknisen järjestelmän avulla. Aiemmin kuljetuksen tilaaja ja kuljettaja eivät ole keskustelleet suoraan keskenään vaan ajojärjestelijän välityksellä. Kun tilaaja, ajojärjestelijä ja kuljettaja ottavat yhteisen järjestelmän käyttöön, tiedonkulku eri toimijoiden välillä on sujuvampaa, mikä helpottaa toimituksiin liityvää päätöksentekoa. Yhteisen sovelluksen käyttäminen on esitetty kuvassa 3.1.



Kuva 3.1. Yhteisen sovelluksen käyttäminen helpottaa logistiikkaketjun eri osapuolten välistä kommunikaatiota.

Lähes kaikilla toimijoilla on jo olemassa omat tietojärjestelmänsä, joissa tietoa ylläpidetään ja käsitellään. Yleisesti ottaen ei ole mielekästä joutua käyttämään montaa tietojärjestelmää. Esimerkkinä tästä voisi olla tilanne, jossa jokin tieto syötetään järjestelmään x mutta raportoidaan järjestelmässä y. Erityisen ikävä on tilanne, jossa käyttäjä joutuu syöttämään saman tiedon moneen järjestelmään.

Isot logistiikkayhtiöt toimivat monella liiketoiminta-alueella, eikä yhtiö ole luultavasti kiinnostunut käyttämään jokaisella liiketoiminta-alueella erillistä järjestelmää. Polttoaineketjun hallintasovelluksen ja logistiikkayhtiön järjestelmän välillä pitäisi olla liityntä, jolloin käyttäjä voi käyttää vain yhtä sovellusta mutta saada silti molempien sovellusten toiminnallisuuden. Pienten logistiikkayhtiöiden tietojärjestelmät ovat luultavasti huomattavasti yksinkertaisempia ja alkeellisempia. Tämän vuoksi pienet logistiikkayhtiöt saattavat olla kiinnostuneempia käyttämään polttoaineen toimitusketjun hallintaan luotua järjestelmää.

Vastaavasti polttoaineen toimittajien välillä voi olla eroja siinä, miten polttoainetietoja halutaan käsitellä. Suuremmilla polttoaineen toimittajilla on luultavasti käytössä omat järjestelmät, eikä uudelle polttoainejärjestelmälle ole tarvetta. Biopolttoaineissa suuria toimittajia ovat myös metsäteollisuuden alan yritykset, joiden ydinliiketoiminta ei ole polttoaineissa. Energiapuuna käytetään muun muassa paperiteollisuuden ja sahateollisuuden tähteitä. Nämä isommat toimijat ovat kiinnostuneita saamaan polttoainetiedot omaan järjestelmäänsä. Tätä voidaan helpottaa tekemällä eri järjestelmien välille liityntöjä. Forest Hubissa mukana ovat nimenomaan suuret metsäyritykset Metsä Group ja UPM. Metsä Group on myös ilmoittanut haluavansa jatkossa laskuttaa polttoaineet Forest Hubin kautta lähetettyjen polttoainetietojen perusteella.

3.3 Teollisen internetin sovelluksen kustannukset

Kolmas tutkimuskysymys liittyy teollisen internetin sovellusten liiketoimintamalleihin. Liiketoimintamalleihin liittyviä haastatteluiden tuloksia käsitellään tässä luvussa ja luvussa 3.4.

Teollisen internetin sovelluksen kustannukset voidaan jakaa viiteen kategoriaan: kehitys-, toimitus-, käyttö-, ylläpito- ja alasajokustannukset. **Kehityskustannukset** ovat sovelluksen kehittämisestä aiheutuvat kiinteät kustannukset, kuten sovelluksen suunnitteluun ja toteuttamiseen käytettyjen työtuntien kustannukset sekä kehitysvaiheessa käytettyjen työkalujen kustannukset. Myös kehitys- ja testiympäristöjen kulut ovat kehityskustannuksia.

Toimituskustannukset ovat muuttuva kustannus, joka syntyy asiakastoimituksen yhteydessä. Erityisesti teollisen internetin sovelluksissa toimituskustannuksia aiheutuu tiedonkeruun pystyttämisestä asiakkaan ja pilvipalvelun välille. Tyypillisesti asiakkaan järjestelmästä kerätään säännöllisin väliajoin dataa, joka lähetetään pilvipalveluun. Tällaisen tiedonkeruun pystyttäminen teettää työtä sekä pilven päässä että asiakkaan järjestelmässä. Lisäksi tietoliikenneyhteys asiakkaan järjestelmästä pilveen pitää saada toimimaan. Tämä voi edellyttää työn lisäksi myös uusien laitteiden hankkimista. Jos tiedonkeruu on jo ennestään toteutettu toista sovellusta varten, niin uuden sovelluksen vaatiman tiedonkeruun pystyttäminen on nopeampaa, jolloin uuden sovelluksen toimituskustannukset ovat pienemmät. Tiedonkeruun lisäksi toimituskustannuksia voi tulla asiakaskohtaisesta konfiguroinnista sekä mahdollisesta asiakaskohtaisesta räätälöinnistä. Konfiguroinnin ja räätälöinnin tarve riippuu sekä sovelluksesta että asiakkaasta. Toimituskustannuksiin kuuluu

myös käyttäjätunnusten luominen ja käyttäjien koulutus.

Käyttökustannukset ovat sovelluksen käytön aikana syntyvä muuttuva kustannus. Käyttökustannuksia aiheutuu tiedon varastoinnista ja sen käsittelystä. Näistä tiedon varastoinnin kustannus on pieni mutta käsittelystä voi tulla iso kustannus. Tiedon käsittely tarkoittaa tietokantaan kohdistuvaa datan lisäämistä, päivittämistä ja poistamista, sekä tiedon kyselemistä sovelluksen tarkoituksiin tietokannasta. Tiedon käsittely voi tarkoittaa myös esimerkiksi datan analysointia ohjelmallisesti. Tiedon varastoinnin kustannus riippuu sekä talletettavan tiedon määrästä, että siitä kuinka reaaliaikaisena tieto halutaan sovelluksessa näyttää. Sovelluksen tietojen päivittäminen kerran päivässä on edullisempaa kuin lähempänä reaaliaikaa oleva tietojen näyttäminen. Sovelluksen tietoja kysellään tietokannasta silloin, kun käyttäjä käyttää sovellusta. Suurempi käyttömäärä aiheuttaa enemmän kyselyitä tietokantaan, mistä syntyy suurempi käyttökustannus. Käyttökustannuksiin lasketaan myös asiakaspalveluun käytetyt työtunnit, sovellusluston kulut, kuten käyttäjäkohtaiset kuukausittaiset lisenssimaksut, sekä tietoliikenteestä ja palvelinten käytöstä aiheutuvat kustannukset. Lisäksi käyttökustannuksia voi syntyä sovelluksen käyttämistä ulkoisista palveluista.

Ylläpitokustannukset syntyvät käyttökustannusten tapaan sovelluksen käytön aikana. Ylläpitokustannus voi olla joko muuttuva tai kiinteä kustannus. Ylläpitokustannus voi olla joko jatkuva tai silloin tällöin syntyvä kustannus. Sovelluksen ylläpitoon liittyvää työtä on sovelluksen korjaaminen, kehittäminen ja ylläpito. Myös sovelluksen käyttäjien käyttäjätunnusten ylläpidosta aiheutuu ylläpitokustannuksia. Lisäksi eri sovellusten kesken jaetaan sovellusluston kustannukset, kuten sovellusluston jatkokehitys ja ylläpito.

Alasajokustannukset syntyvät, kun sovelluksen käyttö lopetetaan. Alasajokustannukset voivat liittyä sekä siihen, että yksittäinen asiakas lopettaa sovelluksen käytön, että siihen kun yritys lopettaa sovelluksen ylläpidon. Alasajokustannus voi olla muuttuva tai kiinteä kustannus. Sovelluksen alasajoon kuuluu sovelluskohtaisten tietojen poistaminen, tiedonkeruun lopettaminen sekä tarvittaessa asiakkaan datan poistaminen. Jos asiakas käyttää vielä muita sovelluksia, niin tiedonkeruuta ei lopeteta kokonaan vaan ainoastaan rajoitetaan tiedonkeruu poistettavan sovelluksen osalta. Jos asiakkaalle ei jää enää mitään sovelluksia käyttöön, niin myös asiakkaan käyttäjätunnukset järjestelmästä poistetaan. Käyttäjätunnusten poistaminen vähentää sovelluksen käyttökustannuksia, koska poistetuista käyttäjätunnuksista ei enää tarvitse maksaa lisenssimaksuja.

3.4 Teollisen internetin ansaintamallit

Esitellään kolme mahdollista ansaintamallia teollisen internetin sovellukselle. Nämä ansaintamallit ovat freemium-malli, tilausmalli ja suorituskykyperusteinen malli.

Freemium-mallissa asiakas ei maksa sovelluksesta tai maksaa siitä hyvin vähän. Asiakas voi tällöin saada yksinkertaisen sovelluksen tai monimutkaisemmasta sovelluksesta riisutun version. Freemium-mallissa on tarkoitus houkutella suuri määrä asiakkaita ilmai-

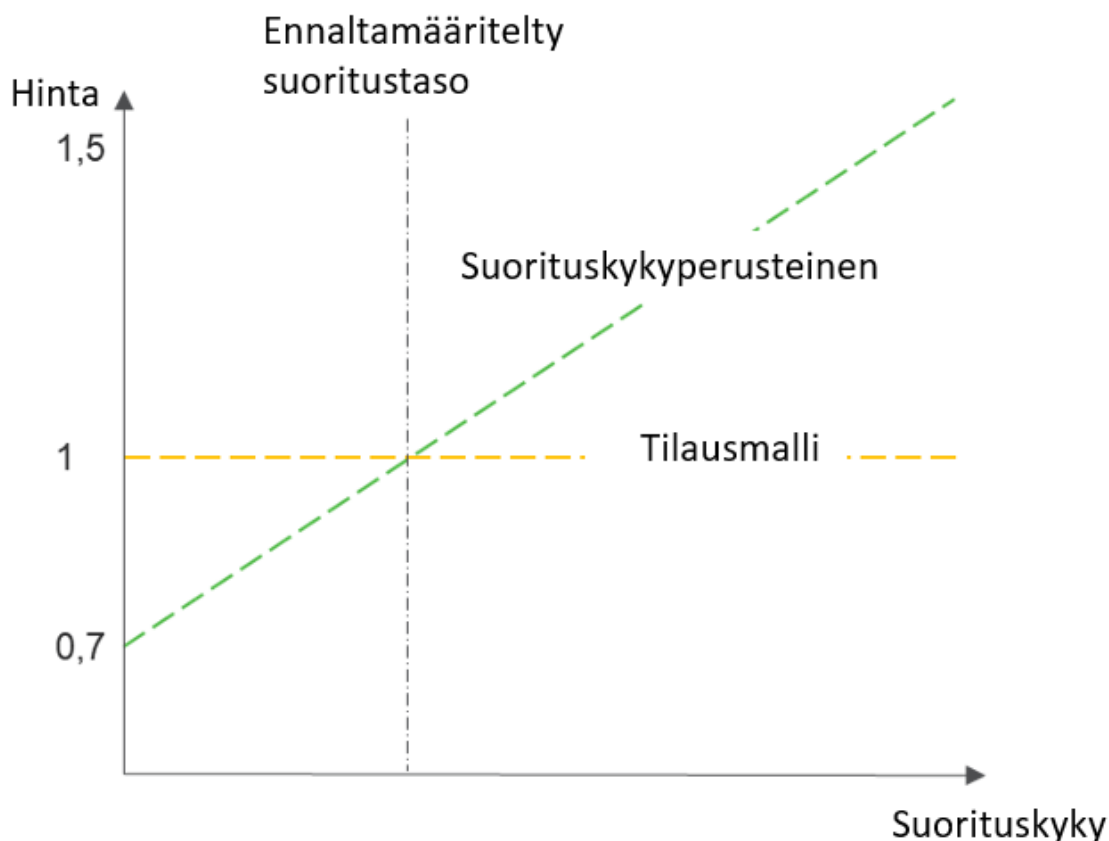
sen tai edullisen hinnoittelun avulla sovellusten käyttäjiksi. Freemium-mallin avulla voidaan saada suuri asiakaskanta, ja hoitaa asiakkaan laitoksen ja pilvipalvelun välinen tiedonkeruu kuntoon, jolloin uusien sovellusten myyminen on sen jälkeen helpompaa. Freemium-malli soveltuu yksinkertaisille sovelluksille. Freemium-sovelluksen pitää olla riittävän hyvä houkutellakseen asiakkaita. Toimittajan näkökulmasta freemium-version tarkoitus on kuitenkin houkutella asiakas ostamaan varsinainen tuote. Tämän takia freemium-sovellus ei myöskään saa olla niin hyvä, että asiakas ei haluaisi maksaa sovelluksen maksullisista ominaisuuksista.

Haastatteluiden perusteella tyypillisin ansaintamalli teollisen internetin sovelluksille on **tilausmalli**. Tilausmallissa asiakas maksaa kuukausittaisen tai vuosittaisen hinnan sovelluksen käyttöoikeudesta. Asiakas ei omista sovellusta vaan saa sen käyttöönsä niin kauan kuin tilaus on voimassa. Asiakas voi päättää tilauksen, jolloin asiakas ei enää maksa sovelluksesta eikä saa enää käyttää sitä.

Suorituskykyperusteisessa mallissa asiakkaan maksama hinta sidotaan sovelluksen tuomaan hyötyyn. Asiakas maksaa siis kiinteän hinnan lisäksi muuttuvaa hintaa sen perusteella, mitä sovelluksella on saavutettu. Suorituskykyperusteista hinnoittelua verrataan tilausmallin mukaiseen hinnoitteluun kuvassa 3.2. Toimittaja lupaa sovellukselle jonkin ennaltamääritellyn suoritustason. Jos siihen päädytään, niin asiakas maksaa tuotteesta kiinteän hinnan perusteella, eli saman hinnan kuin tilausmallilla. Jos sovelluksen avulla ei olla päästy haluttuun lopputulokseen, niin asiakkaalta ei veloiteta täyttä hintaa. Vastavasti jos sovellus ylittää odotetun suorituskyvyn, asiakas maksaa sovelluksesta enemmän. Suorituskykyperusteinen hinnoittelu on vaikeaa, koska täytyy määritellä selvät mittarit suorituskyvylle. Voi olla vaikeaa osoittaa, mistä suorituskyvyn parannus johtuu. Suorituskykyperusteista hinnoittelua ei kannata käyttää kaikille sovelluksille. Toimittajan kannalta tämän hinnoittelumallin etuna on kuitenkin se, että tällä hinnoittelumallilla hyvin toimivasta sovelluksesta voidaan saada parempi hinta kuin tilausmallin mukaisesta.

Tilausmallissa ja suorituskykyperusteisessa mallissa hinnoitteluun voidaan liittää myös aloitusmaksu tai asiakaspalvelua. Aloitusmaksulla voidaan kustantaa sovelluksen toimituskustannukset. Aloitusmaksun tarpeellisuus ja suuruus riippuvat toimituskustannuksista. Toimituskustannusten suuruus riippuu sovelluksesta ja asiakkaasta. Tiedonkeruun pystyttäminen voi olla suuri toimituskustannus, jos asiakasta ei ole vielä liitetty teolliseen internetiin. Myös sovelluskohtainen konfigurointi ja räätälöinti voivat nostaa toimituskustannuksia. Lisäksi sovellusten yhteydessä voidaan myydä asiakaspalvelutyötä.

Aloitusmaksun suuruus liittyy myös siihen, kuinka kauan asiakkaan odotetaan käyttävän sovellusta. Jos asiakas tulee maksamaan tilausmallin mukaista kuukausimaksua vuosien ajan, saattaa toimituskustannus jäädä pidemmällä aikavälillä pieneksi. Jos asiakas kuitenkin päättää esimerkiksi kuukauden tilauksen jälkeen keskeyttää palvelun, jää toimituskustannus suhteellisesti suureksi. Aloitusmaksulla vähennetään toimittajan riskiä siinä tapauksessa, että asiakas päättää lopettaa sovelluksen käytön pian tilauksen alkamisen jälkeen. Aloitusmaksu sitouttaa sovellukseen liittyvää asiakasta käyttämään sovellusta pidemmän aikaa, koska aloitusmaksun maksanut asiakas tuskin haluaa heti luopua sovel-



Kuva 3.2. Suorituskykyperusteisessa hinnoittelumallissa hinta seuraa sovelluksen tuotmaa suorituskykyä.

luksesta. Toisaalta aloitusmaksu nostaa asiakkaan kynnyistä alkaa palvelun käyttäjäksi, eli asiakkaita ei välttämättä saada niin paljon.

Lähtökohtaisesti sovellus pitäisi hinnoitella niin, että hinnoittelulla saadaan katettua välittömästi sovelluksesta aiheutuvat käyttö- ja ylläpitokustannukset, sekä pidemmällä aikavälillä kehitys-, toimitus- ja alasajokustannukset. Mitä enemmän asiakkaita sovellukselle saadaan, sitä paremmin sovelluksen kehityskustannukset ja koko sovellusta koskevat alasajokustannukset pystytään kattamaan. Asiakaskohtaiset toimitus- ja alasajokustannukset eivät kuitenkaan suhteellisesti vähene, vaikka asiakkaita olisi enemmän. Sovellus tulee hinnoitella sen perusteella, kuinka paljon asiakkaita sovellukselle odotetaan.

Kaikkien sovellusten ei ole kuitenkaan tarkoitus olla itsellään kannattavia. Esimerkiksi freemium-hinnoittelun sovelluksen tarkoituksena on houkutella asiakkaita maksullisten tuotteiden pariin.

4 VALMET DNA FUEL CHAIN MANAGEMENT

Diplomityön käytännön osuudessa luotiin Valmet Industrial Internetiin Valmet DNA Fuel Chain Management -niminen sovellus, joka yhdistää polttoainetietoja voimalaitokselta ja polttoaineen toimittajan järjestelmästä. Sovelluksen kautta sekä voimalaitos että polttoaineen toimittaja pääsevät näkemään polttoainekuormien tietoja samassa muodossa. Sovellusta voidaan hyödyntää järeän puun sähköntuotantotukien tukiluokkatietojen säilyttämiseen ja ylläpitämiseen. Sovellusta kehitettiin yhteistyössä kahden EPV Energia -konserniin kuuluvan voimalaitoksen – Seinäjoen Voiman ja Vaskiluodon Voiman – sekä näille biopolttoaineita toimittavan EPM Metsän kanssa.

4.1 Polttoainetietojen kerääminen voimalaitokselta

Voimalaitoksella polttoainekuormat punnitaan ja analysoidaan, ja tiedot tallennetaan Valmet DNA Fuel Data Manager -järjestelmään. Polttoainekuljetuksen kuljettaja myös syöttää voimalaitoksen järjestelmään muita kuorman tietoja, kuten toimittajan nimen ja polttoaineen tyypin. Nämä tiedot lähetetään Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen käytettäväksi.

Polttoainekuorman tiedot päivittyvät laitoksella sitä mukaan, kun kuormasta saadaan lisää tietoa. Kuorma lisätään Valmet DNA Fuel Data Managerin tietokantaan, kun kuorma-auton sisään tulopaino on punnittu. Samalla hetkellä tietokantaan kirjoitetaan myös kuljettajan vaa'alla syöttämät tiedot. Kun kuorma on purettu, kuorma-auto ajaa uudestaan vaa'an kautta, jolloin punnitaan auton paino tyhjänä. Tietokantaan kirjataan loppupaino, josta voidaan laskea myös kuorman paino. Kuormalle tehdään vielä kosteusanalyysi ja lämpöarvoanalyysi, joiden tiedot päivittyvät tietokantaan sitä mukaan, kun analyysit valmistuvat. Kosteusanalyysi tehdään tyypillisesti muutaman päivän sisällä kuorman saapumisesta ja lämpöarvo analysoidaan kuukausikeskiarvona seuraavan kuukauden alussa. Polttoainekuorma lähetetään Valmet DNA Fuel Chain Managementiin siinä vaiheessa, kun kuorman kokonaispaino on tiedossa, eli kun kuorma-auto on ajanut ulos laitokselta. Kuorman tiedot päivitetään Valmet DNA Fuel Chain Managementiin, kun kosteusanalyysi valmistuu ja kun lämpöarvoanalyysi valmistuu. Kuorman tietoja saatetaan missä tahansa vaiheessa muokata voimalaitoksen Valmet DNA Fuel Data Managerissa, jos tiedoissa huomataan virheitä. Myös näiden muokkausten seurauksena kuorman tiedot lähetetään uudelleen Valmet DNA Fuel Chain Managementiin.

Päivittyneiden kuormien tiedot lähetetään Valmet DNA Fuel Chain Managementiin kerran tunnissa CSV-tiedostona. Tietokannasta kerätään ne kuormat, joiden tiedot ovat muuttuneet edellisen kyselyn jälkeen. Tämä tarkoittaa tunnin aikana saapuneita uusia polttoainekuormia, polttoainekuormien tietoihin tulleita päivityksiä tai järjestelmästä poistettuja polttoainekuormia. Kuormien tiedot tallennetaan CSV-tiedostoon, jonka ensimmäisellä rivillä on sarakkeiden nimet ja toisesta rivistä alkaen jokainen rivi sisältää yhden kuorman tiedot. CSV-tiedosto pakataan vielä ZIP-arkistoon lähetystä varten. Tiedosto lähetetään SFTP:llä Valmet Industrial Internetiin, jossa se käsitellään edelleen Valmet DNA Fuel Chain Managementin käyttämään tietokantaan. Jos tiedonsiirto epäonnistuu, tiedosto yritetään lähettää tunnin kuluttua uudestaan. Jos kuormatiedot eivät ole päivittyneet viimeisen tunnin aikana, mitään tietoa ei lähetetä.

Tiedonkeruu on ajastettu suoritettavaksi yhden tunnin välein mutta ajastus on mahdollista asettaa myös tiheämmin tai harvemmin suoritettavaksi. Nykyiseen ratkaisuun päädyttiin, koska tunnin päivitystahti riittää toistaiseksi sovelluksen käyttäjille. Mikäli uusimmat tiedot halutaan jatkossa tiheämmällä syklillä, voidaan keruu ajastaa suoritettavaksi useammin. Tiheämpi tiedonkeruu parantaa sovelluksen reaaliaikaisuutta mutta kasvattaa sovelluksen käyttökustannuksia.

Polttoaineen toimittajilla voi olla alihankkijoita. Rankarajaustoiminnallisuuden kannalta on tarpeellista voida eritellä, mitkä kuormat ovat polttoaineen toimittajan itsensä toimittamia, ja mitkä ovat alihankkijoiden toimittamia. Tieto alitoimittajista on voimalaitoksen tietokannassa samassa sarakkeessa, jossa voi olla tieto myös toimittajan välivarastosta tai siitä, miltä suolta polttoaineena käytettävä turve on peräisin. Alitoimittajatiedon poiminta tapahtuu laitoksen päässä syöttämällä alitoimittajien nimet konfigurointitiedostoon.

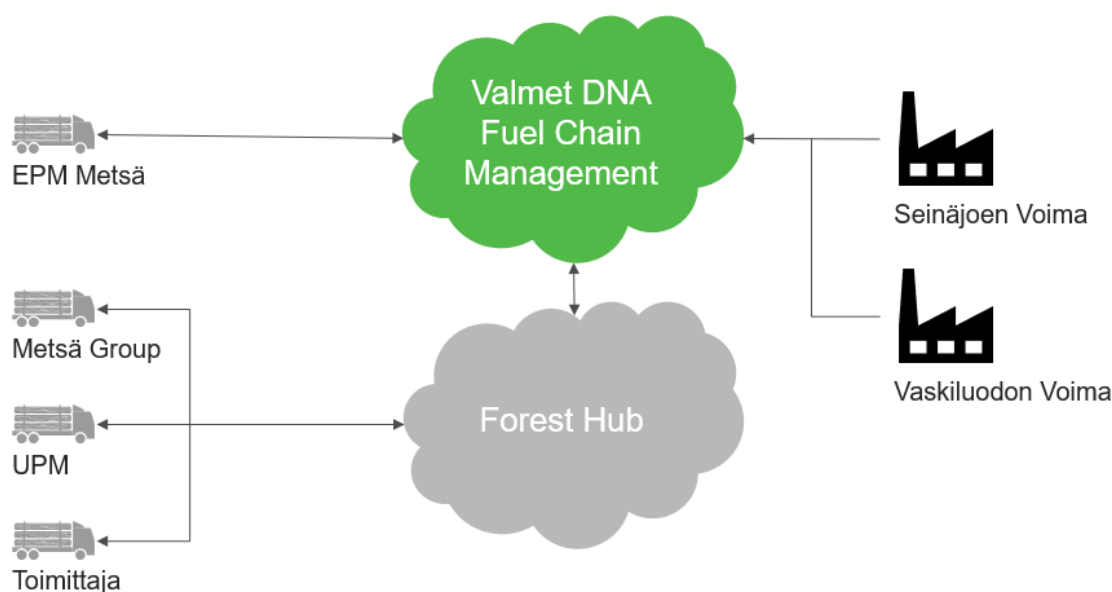
4.2 Liitynnät polttoaineen toimittajien järjestelmiin

Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen on tarkoitus integroida polttoaineen toimittajien ja voimalaitoksen polttoainetietojärjestelmiä keskenään. Liityntöjä polttoaineen toimittajien järjestelmiin ei ole kuitenkaan vielä saatu valmiiksi. Tässä luvussa kuvataan liityntöjen nykyistä tilaa sekä toivottua lopputulosta.

Liityntä sovelluksen ja polttoaineen toimittajien välillä on kahden suuntainen. Polttoaineen toimittaja lähettää voimalaitoksen suuntaan ennakkuormaviestin, jossa kerrotaan minikäläinen polttoainekuorma voimalaitokselle on tulossa. Voimalaitos lähettää polttoaineen toimittajalle analyysiviestin, joka sisältää polttoainekuormalle tehtyjen mittausten tulokset.

Liityntöjä Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksesta polttoaineen toimittajien järjestelmien suuntaan suunniteltiin kaksi. Ensimmäinen on näistä on liityntä sovelluksen ja EPM Metsän käyttämän ForestPro-järjestelmän välillä. Toinen liityntä on sovelluksen ja Tiedon kehittämään Forest Hubin välillä. Forest Hub -liityntä mahdollistaa viestinvälityksen kaikkien Forest Hub -palvelun käyttäjien kanssa, joita ovat toistaiseksi Metsä Group ja

UPM. Jatkossa Forest Hubin kautta voidaan viestiä myös muiden Forest Hubiin liittyvien toimijoiden kanssa. Kuvassa 4.1 on esitetty sovelluksen tiedonkulku. Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen ja EPM Metsän välillä on suora liityntä. Muihin polttoaineen toimittajiin yhteys muodostetaan Tiedon Forest Hub -palvelun kautta. Forest Hub -liityntä helpottaa polttoaineen toimittajien liittämistä osaksi Valmet DNA Fuel Chain Management -sovellusta. Ilman Forest Hubia jokaisen polttoaineen toimittajan kanssa pitäisi tehdä erillinen liityntä, kuten on tehty EPM Metsän tapauksessa. Polttoainetietoja kerätään Valmet DNA Fuel Chain Management -sovellukseen myös voimalaitokselta, kuten kuvattu luvussa 4.1.



Kuva 4.1. Tiedonkulku Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksessa

Voimalaitokselta kerättävät polttoainetiedot ovat peräisin Valmet DNA Fuel Data Manager -sovelluksesta. Liityntä voimalaitoksen ja Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen välillä ei siis sisällä muita osapuolia kuin Valmetin. Sen sijaan polttoaineen toimittajien järjestelmät eivät ole Valmetin hallinnoimia, joten ne tehtiin yhteistyössä muiden osapuolien kanssa. Tämä hankaloittaa liittymän tekemistä siinä mielessä, että liittymän toinen pää ei ole Valmetin hallinnassa.

4.2.1 Ennakkoviesti

Ennakkoviesti on polttoaineen toimittajan lähettämä viesti, jossa kuvataan voimalaitokselle saapumassa olevan polttoainekuorman tiedot. Ennakkoviesti sisältää muun muassa kuorman tunnistetietoja, tiedon kuljetusyhtiöstä ja kuljetuskalustosta sekä itse kuljetettavasta polttoaineesta. Ennakkoviestissä kuorman sisältö jakautuu yhteen tai useampaan kuorman osaan. Kuorman osille ilmoitettavia tietoja ovat muun muassa kaupan numero, puutavaralaji ja kuljettajan arvio kuorman osan tilavuudesta. Kuorma jakautuu siis mo-
neen osaan, jos se sisältää useampaa kauppaa tai puutavaralajia. Kuorman osat muo-

dostavat ennakkoviestin rakenteen.

Kuljettaja syöttää järjestelmäänsä arvion kuorman osien tilavuuksista. Tämän arvion perusteella voidaan laskea kuorman osien suhteelliset määrät, eli kuinka monta prosenttia koko kuormasta on tiettyä kuorman osaa. Tilavuustieto lähetetään ennakkoviestissä jokaiselle kuorman osalle.

4.2.2 Analyysiviesti

Analyysiviestin avulla polttoainekuormasta mitatut tiedot voidaan lähettää takaisin polttoaineen toimittajalle. Kuorman paino on tiedossa heti kuorman vastaanoton jälkeen, kun kuorma-auton poistumispaino on mitattu. Polttoaineista tehdään kosteusanalyysit toimittaja-, tuote- ja lähtövarastokohtaisesti vuorokausitasolla, kuten on kuvattu luvussa 2.3.1. Vastaavasti lämpöarvo ja tuhka analysoidaan kuukausitasolla. Kuormien kosteudet, lämpöarvot ja tuhkapitoisuudet lähetetään polttoaineen toimittajalle korvaamalla aiempi analyysiviesti päivitetyllä viestillä.

Analyysiviestin tulee vastata ennakkoviestissä polttoaineen toimittajan ilmoittamaa kuorman rakennetta. Analyysiviestissä polttoaineen tiedot siis jaetaan puutavaralaji- ja kaupakohtaisesti, vaikka varsinaiset analyysit voimalaitoksella onkin tehty koko kuorman tasolla tai karkeammin. Analyysiviesti linkittyy tiettyyn kuormaan ennakkoviestin tunnistumeron perusteella. Näin ollen polttoaineen toimittajan järjestelmässä analyysitiedot voidaan kohdistaa tiettyyn kuormaan.

Analyysiviestissä lähetettäviä tietoja ovat kuorman nettopaino, kosteus, lämpöarvo, tuhkapitoisuus sekä energiamäärä. Kuorman nettopaino ja energiamäärä jaetaan kuorman osille tilavuuksilla suhteutettuna. Kosteus, lämpöarvo ja tuhkapitoisuus ovat samat kaikille kuorman osille.

4.2.3 ForestPro-liityntä

Valmet DNA Fuel Chain Management -sovellukseen on suunniteltu suora liityntä polttoaineen toimittaja EPM Metsän käyttämään ForestPro-järjestelmään. ForestPro-liityntä käyttää papiNet-standardia mukailevaa viestirakennetta. Standardista sanomasta on jätetty pois kenttiä, jotka koetaan nykyisen käyttötarkoituksen kannalta tarpeettomiksi. Viesteissä käytetään lähetettävän pään koodistoa, eli ennakkoviesteissä puutavaralajit, määräpaikat ja varastopaikat ilmoitetaan ForestPro-järjestelmän käyttämillä tunnisteilla.

Puutavaralajeissa tiettyä koodia vastaa tuotteen nimi sekä sen tukikelpoisuus uusiutuvan energian sähköntuotannon tukijärjestelmässä. ForestPro-järjestelmästä Valmet DNA Fuel Chain Management -sovellukseen lähetetään sekä Seinäjoen Voiman että Vaskiluodon Voiman voimalaitoksille saapuvien polttoainekuormien tiedot. ForestPro-järjestelmässä molempia voimalaitoksia varten on olemassa useampi määräpaikka. Näiden

määräpaikkojen koodit yhdistetään Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen käyttämiin voimalaitosten tunnuksiin, jolloin saapuvat ennakkoviestit saadaan kohdistettua oikealle voimalaitokselle. Viestissä ilmoitetaan myös varastopaikka, eli mistä EPM Metsän varastosta polttoainekuorma on tulossa voimalaitokselle. Eri varastopaikkoja on ForestPro-järjestelmässä yli kymmenen tuhatta ja uusia varastopaikkoja syntyy jatkuvasti lisää. Varastopaikkojen osalta viestissä lähetetään sekä varastopaikan tunnistetta että nimi, koska koodistojen ylläpito olisi muuten hankalaa.

Liityntöjä tehtäessä törmättiin haasteeseen, kuinka yhdistää toisiinsa kuuluva ennakkoviesti ja voimalaitoksen polttoainetietojärjestelmässä oleva kuormatieto. Näissä järjestelmissä ei ole yhteistä tunnistetta, jonka perusteella tiedot voitaisiin yhdistää toisiinsa. Joissain järjestelmissä tämä ongelma on ratkaistu niin, että ennakkoviestin tiedot välitetään polttoaineen vastaanottoon, jossa kuljettaja valitsee oikean ennakkoviestin. Tässä tapauksessa kuitenkin päätettiin, ettei voimalaitosten vaakajärjestelmiin tehdä muutoksia. Kuormatietojen yhdistämistä kokeiltiin käyttämällä voimalaitoksen, rekisterinumeron ja saapumisajankohdan yhdistelmää. Tällä tavalla kuormatietoja jäi kuitenkin paljon yhdistämättä ja osa ennakkoviesteistä yhdistettiin väärin kuormiin.

Myöhemmin selvisi kuitenkin, että kuljettajat syöttävät voimalaitoksen polttoainejärjestelmästä saamansa kuormakohtaisen tositenumeron ForestPro-järjestelmään. Kuljettaja saa tositenumeron ulosajopunnituksen yhteydessä, kun kuorma on purettu. Ennakkoviesti on tarkoitus lähettää jo kuorman lastauksen jälkeen, eli ennen kuin kuorma ajetaan voimalaitokselle. Ennakkoviestiin ei siis tämän takia saa tositenumeroa mukaan, koska tositenumeroa ei siinä vaiheessa ole vielä olemassa. Ennakkoviestiin voi kuitenkin myöhemmin lähettää korjauksen, jossa tositenumero on mukana. Näin ollen ennakkosanoman ja voimalaitoksen kuormatiedon yhdistäminen on yksinkertaista, koska sama tositenumero löytyy molemmista tiedoista.

papiNet-viesteissä oleva attribuutti `DeliveryMessageStatusType` kertoo viestin statuksen, joka voi saada arvot `Original`, `Replaced` tai `Cancelled`. `Original` tarkoittaa alkuperäistä viestiä. `Replaced`-viestillä voidaan korvata aiempi viesti ja `Cancelled`-viestillä voidaan peruuttaa aiempi viesti. Ennakkoviestiin voidaan lisätä jälkikäteen voimalaitoksen tositenumero käyttämällä `Replaced`-viestiä. Vastaavasti analyysiviestien sisältöä voidaan päivittää sitä mukaan, kun tiedot tarkentuvat.

ForestPro-liitynnän ennakkoviestien välitys on toteutettu SFTP-tiedonsiirrolla. Valmet DNA Fuel Chain Management -sovellus kykenee purkamaan polttoaineen toimittajan lähettämät ennakkoviestit ja yhdistämään ne voimalaitoksen kuormatietoihin. Jatkossa ennakkoviestien avulla on tarkoitus myös parantaa järeän puun tuotantotuen rajauksen piirissä olevien polttoaineiden alkuperän seuranta. Analyysiviestit tullaan lähettämään ForestPro-järjestelmään HTTPS-tekniikalla (Hypertext Transfer Protocol Secure). Analyysiviestien rakenne on määritelty mutta viestien muodostamista ja lähetystä ei ole vielä toteutettu.

4.2.4 Forest Hub -liityntä

Forest Hubin viestimäärittely perustuu papiNet-standardin mukaisiin sanomiin. Forest Hub -liityntää ei tehdä yksittäisen polttoaineen toimittajan kanssa vaan Valmet tekee yhden liittynnän Tiedon Forest Hubiin, minkä jälkeen viestiminen Forest Hubiin liittyneiden polttoaineen toimittajien kanssa on yksinkertaista. Forest Hub tarjoaa kaksi mahdollista tiedonsiirtotekniikkaa: HTTPS tai SFTP. Liitynnässä päädyttiin käyttämään tiedostopohjaista SFTP-tiedonsiirtoa, jota käytetään yleisemmin Valmetin Industrial Internet -alustalla.

Forest Hub hoitaa eri osapuolten väliset koodikonversiot. Forest Hubin läpi lähetetyt viestit sisältävät kaikkien kolmen osapuolen – viestin lähettäjän, Forest Hubin ja viestin vastaanottajan – käyttämät koodit. Koodikonversiot määritellään puutavaralajeille, toimittajille, kuljetusmuodoille ja toimituskohteille. Kuvassa 4.2 on esitetty web-käyttöliittymä, jonka avulla koodikonversiot määritellään. Kuvassa määritellään konversio toimituskohteelle Seinäjoen Voima. Forest Hubissa Seinäjoen Voiman koodi eli tunniste on 208 ja selite Seinäjoen Voima. Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksessa Seinäjoen Voiman tunniste on 174220 ja selite Seinäjoen Voima.

Forest Hub

Koodikonversiot

Tyyppi Forest Hub koodi

Toimituskohde 208: Seinäjoen Voima

Hae!

Siniset kentät muokattavissa.

Kopioi	Forest Hub koodi ▲	Koodiselite ▼	Konversiokoodi ▼	Konversiokoodi selite ▼
	208	Seinäjoen Voima	174220	Seinäjoen Voima

Kuva 4.2. Forest Hubin koodikonversiot määritellään web-sovelluksen avulla (Tieto 2019).

Forest Hubin kautta käytävää viestinvaihtoa on kehitetty Seinäjoen Voimalle ja Vaskiluodon Voimalle polttoaineita toimittavan Metsä Groupin kanssa. Metsä Groupin lähettämät ennakkoviestit yhdistetään voimalaitoksen kuormatietoihin eri tavalla kuin EPM Metsän ennakkoviestit ForestPro-liitynnän tapauksessa. Metsä Groupin kuljettajat syöttävät voimalaitoksen vaakapäätteellä Metsä Groupin järjestelmän mukaisen suoritenumeron voimalaitoksen polttoainetietojärjestelmään. Tietojen yhdistäminen toisiinsa onnistuu myös tätä kautta. Mahdolliset korjaukset suoritenumeroihin pitää tehdä voimalaitoksen järjestelmässä.

Forest Hub -liittynnän kautta voidaan toistaiseksi vastaanottaa Metsä Groupin lähettämiä ennakkoviestejä. Jatkossa myös näitä ennakkoviestejä on tarkoitus käyttää järeän puun tuotantotuen rajauksen piirissä olevien polttoaineiden alkuperän seurantaan. Forest Hub -liittymä on kesken myös analyysiviestien muodostamisen ja lähettämisen osalta. Kun liittymä on valmis, se voidaan ottaa käyttöön myös muiden Forest Hubia käyttävien polttoaineen toimittajien kanssa. Käyttöönotto vaatii yhtenäisen tunnistetiedon, joka voi olla joko voimalaitoksen järjestelmään syötetty polttoaineen toimittajan suoritenumero tai polttoaineen toimittajan järjestelmään syötetty voimalaitoksen tosienumero.

4.3 Käyttäjärühmät

Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen kehitysvaiheessa sen käyttäjärühmiä olivat voimalaitokset ja polttoaineen toimittajat. Myöhemmin palveluun voivat liittyä esimerkiksi ulkoiset laboratoriot, viranomaiset tai kuljetusliikkeet. Palvelussa käyttäjän oikeuksia voidaan rajata niin, että käyttäjä näkee vain hänelle kuuluvien polttoainekuormien tiedot.

Voimalaitoskäyttäjät näkevät sovelluksesta kaikki omalle voimalaitokselleen tulleet polttoainekuormat. Käyttäjällä voi olla oikeus nähdä myös useamman voimalaitoksen kuormat, jolloin hän voi vertailla eri laitoksille toimitettuja polttoainekuormia keskenään. Voimalaitoskäyttäjä näkee palvelun kautta samat tiedot kuin omasta järjestelmästänsä mutta tietoa voidaan täydentää polttoaineen toimittajan järjestelmästä tulevilla tiedoilla, kuten järeän puun tukiluokkatiedolla. Käyttäjä voi myös syöttää tai korjata tukiluokkatietoja. Voimalaitoskäyttäjä voi myös saada ennakkoon tiedon laitokselle saapuvista kuormista, jos polttoaineen toimittaja lähettää ennakkokuormasanoman.

Polttoaineen toimittajat näkevät sovelluksesta toimittamiensa kuormien tiedot niiltä laitoksilta, jotka palvelua käyttävät. Jos toimittaja toimittaa polttoainetta monelle laitokselle, hän näkee kaikkien näiden laitosten kuormat ja voi vertailla niitä keskenään. Polttoaineen toimittajilla ei ole pääsyä katsomaan muiden toimittajien polttoainekuormia. Polttoaineen toimittaja näkee suuren osan kuorman tiedoista myös omasta järjestelmästänsä. Valmet DNA Fuel Chain Management -palvelun kautta polttoaineen toimittaja näkee myös voimalaitokselta tulevia tietoja, joista tärkeimmät ovat polttoaineen analyysitiedot. Lisäksi kuljettajan kuormalle syöttämä kommentti on nähtävissä polttoaineen toimittajalle sovelluksen kautta. Polttoaineen toimittaja voi lisätä tai päivittää järeän puun tukiluokkatiedon sovelluksen kautta.

Uusiutuvan energian sähköntuotantotukiin liittyvä toimija on todentaja, joka tarkistaa tietyn voimalaitoksen tukihakemuksen oikeellisuuden. Voimalaitos käyttää Valmet DNA Fuel Chain Management -sovellusta järeän puun alkuperätietojen osoittamiseen. Todentaja voi päästä tarkistamaan järeän puun tietoja Valmet DNA Fuel Chain Managementin kautta. Tällöin todentajalle annetaan pääsy näkemään niiden laitosten tiedot, jotka todentaja tarkistaa.

4.4 Järeän puun tuotantotuen rajaus

Diplomityön puitteissa Valmet DNA Fuel Chain Management -sovellukseen toteutettiin järeän puun tuotantotuen rajaukseen eli rankarajaukseen liittyvä toiminnallisuus, jonka avulla rankarajauksen piirissä olevien polttoaineiden tukiluokkatieto kerätään ja raportoidaan. Alkuperäinen ajatus oli syöttää tukiluokkatiedot kuormakohtaisesti joko liittynän avulla tai käsin syötettynä mutta pian kuormakohtainen käsisyöttö päätettiin korvata tukiluokan kuukausikeskiarvon syöttämisenä. Polttoaineen toimittaja vastaa tukiluokkatiedoista, joita tarvitaan tuotantotuen hakemista varten.

Voimalaitos hakee energiavirastolta tuotantotukea metsähakkeella tuotetulle sähkölle luvussa 2.4 esitetyllä tavalla. Tukien hakemista varten tarvitaan polttoaineluokkakohmainen polttoaine-energia sekä sähköverkkoon toimitetun sähkön kokonaismäärä, josta on vähennetty sähköverkosta otettu omakäyttö. Tukea maksetaan niiden polttoaineluokkien osalta, jotka ovat tukikelpoisia. Lisäksi kokopuu- ja rankahake jaetaan vuoden 2019 alusta alkaen kahteen tukiluokkaan 3112a ja 3112b, joista luokalle 3112a maksetaan täyttä tuotantotukea ja luokalle 3112b maksetaan 60 %:sta tuotantotukea. Tukia haettaessa tarvitaan siis tieto siitä, kuinka suuri osa kokopuu- ja rankahakkeesta on täyden tuen 3112a-luokkaa ja kuinka paljon on osittaisen tuen 3112b-luokkaa. Muille tuettaville polttoaineille tuotantotuki on aina 100 %.

Seinäjoen ja Vaskiluodon voimalaitokset ovat ennestään kuuluneet metsähakevoimalaitosten sähköntuotantotuen piiriin. Energiaviraston SATU-järjestelmän (2019) mukaan Seinäjoen voimalaitos on hyväksytty syöttötariffijärjestelmään vuonna 2011 ja Vaskiluodon voimalaitos vuonna 2013. Lapakon (2018) mukaan tuotantotukea on haettu perustuen voimalaitosten energianhallintajärjestelmän sekä polttoainetietojärjestelmän tietoihin. Vuoden 2019 alusta alkaen huomioon täytyy ottaa myös rankarajaus, eli kokopuu- ja rankahake jaotellaan polttoaineluokkiin 3112a ja 3112b. Tätä tarvetta varten Valmet DNA Fuel Chain Management -sovellukseen on kehitetty rankarajaustoiminnallisuus, jonka avulla rankapuun tukiluokkatiedot kerätään ja raportoidaan.

Kokopuu- ja rankahakkeen osalta polttoainekuorman tukiluokkatieto on polttoaineen toimittajalla. Tukiluokkatieto voidaan antaa voimalaitoksen tietoon kappaleessa 4.2 esitetyllä tavalla käyttämällä ennakkoviestejä, joissa tukiluokkatieto ilmoitetaan. Ennakkoviestien avulla polttoaineen toimittajan järjestelmässä olevat alkuperätiedot voidaan yhdistää voimalaitoksen polttoainetietojärjestelmän tietoihin, joita myös tarvitaan tuotantotuen hakemiseen. Ennakkoviestit mahdollistavat tarkan ja automatisoidun tiedon jakamisen polttoaineen toimittajan ja voimalaitoksen järjestelmien välillä. Ennakkoviestit takaavat myös polttoaineketjun jäljitettävyyden, koska polttoaineen toimittajan ja voimalaitoksen tiedot linkitetään toisiinsa. Ennakkoviesteihin perustuvaa toimintatapaa pidettiin ensisijaisena keinona välittää kokopuu- ja rankahakkeen tukiluokkatieto polttoaineen toimittajalta voimalaitokselle.

Ennakkoviestien välittämistä lähdettiin suunnittelemaan ensimmäisenä Seinäjoen ja Vas-

kiluodon voimalaitoksille biopolttoaineita toimittavan EPM Metsän kanssa. Tässä yhteydessä selvisi, että osa EPM Metsän toimituksista on vierastoimituksia, joista ennakotietoa ei ole saatavissa. Näin ollen vierastoimitusten tukiluokkatieto pitää saada Valmet DNA Fuel Chain Management -sovellukseen muilla keinoin. Sovelluksessa on listattuna kaikki yksittäiset laitokselle saapuneet polttoainekuormat ja ajatuksena oli, että polttoaineen toimittaja voisi sovelluksen kautta syöttää tukiluokkatiedon ja mahdollisesti korjata muita virheellisiä tietoja. Yksittäisille kuormille tukiluokan syöttäminen olisi kuitenkin epäkätevää johtuen kuormien suuresta määrästä. Myös polttoainekuorman tietojen muokkaaminen Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen kautta voisi johtaa ristiriitoihin siitä, mikä tieto on oikein. Tämän takia päädyttiin siihen, että sovelluksen kautta ei voi tehdä muutoksia polttoainekuorman tietoihin. Mahdolliset korjaukset yksittäisiin polttoainekuormiin tehdään tiedon lähtöjärjestelmässä, eli voimalaitoksen polttoainetietojärjestelmässä tai polttoaineen toimittajan järjestelmässä, minkä jälkeen tiedot päivittyvät Valmet DNA Fuel Chain Management -sovellukseen liityntöjen avulla.

Ennakkoviesteillä voidaan kuitenkin välittää osa tukiluokkatiedoista, jolloin edes osalle kuormista saadaan parempi jäljitettävyyttä sekä vähemmän käsityötä. Ennakkoviesti sisältää tiedon tietyn polttoainekuorman sisällöstä. Ennakkoviestissä on kerrottuna kuorman sisältämät puutavaralajit sekä kuorman kuljettajan arvio siitä, kuinka monta kuutiometriä kutakin puutavaralajia kuormassa on. Polttoaineen tukikelpoisuus sekä tukiluokka riippuvat puutavaralajista. Polttoaineelle siis maksetaan puutavaralajista riippuen 0 %, 60 % tai 100 % tuotantotukea suhteessa täyteen tuotantotukeen. Kun ennakkoviestin perusteella tunnetaan kuorman sisältämät puutavaralajit, niiden tukiluokat ja suhteelliset osuudet, voidaan koko kuorman keskimääräinen tukiluokka laskea tilavuuksilla painotettuna keskiarvona. Kun polttoaineelle tehtävät kosteus- ja lämpöarvoanalyysit valmistuvat, saadaan polttoainekuormalle laskettua sen energiasisältö megawattitunteina. Energiasisällön ja keskimääräisen tukiluokan kertolaskuna saadaan megawattitunteina, kuinka paljon uusiutuvan energian sähköntuotantotukea voidaan hakea.

Taulukossa 4.4 on esitetty esimerkki siitä, kuinka polttoainekuorman tukimäärä voidaan laskea ennakkoviestin ja energiasisällön perusteella. Esimerkkikuorma sisältää kahta puutavaralajia, joista koivukuitu on 60 %:sti tuettua ja haapakuitu on 100 %:sti tuettua. Esimerkkikuorma on arvioitu 100 kuutiometrin kokoiseksi, mistä koivukuidun osuus on 45 m³ ja haapakuidun osuus on 55 m³. Tilavuuksilla painotettu kuorman keskimääräinen tukiluokka on näin ollen 82 %. Polttoainekuormalle tehtyjen analyysien perusteella kuorman energiasisältö on 90 MWh, jolloin tuettavaksi osuudeksi saadaan 73,8 MWh.

Taulukko 4.1. Esimerkki tukiluokan laskemisesta ennakkoviestin perusteella

	Tilavuus m ³	Tukiluokka %	Energia MWh	Tuettava MWh
Koivukuitu	45	60		
Haapakuitu	55	100		
Koko kuorma	100	82	90	73,8

Koska ennakkoviestejä ei saada kaikista kuormista, kehitettiin tukiluokkatietojen syöttä-

	Month 2019/03
Load count	106
Weight (t)	1,820
Energy (MWh)	5,600
Full subsidy share	25.00
100% subsidy (MWh)	1,400
60% subsidy (MWh)	4,200

Syötä tukiluokka

Tukiluokan syöttö

Laitos

624508

Toimittaja

Northern supplier

Vuosi ja kuukausi

2019/03

Tukiluokka (prosenttia)

Submit

Mill

☒ Demo mill

Supplier

☐ Eastern supplier

☒ Northern supplier

☐ Western supplier

Month

☒ 2019/03

☐ 2019/02

☐ 2019/01

Kuva 4.3. Kokopuu- ja rankahakkeen tukiluokka voidaan määritellä toimittajakohtaisena kuukausikeskiarvona.

miseen myös vaihtoehtoinen menetelmä, jossa tukiluokka syötetään toimittajakohtaisena kuukausikeskiarvona Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen kautta. Käyttäjä valitsee voimalaitoksen, toimittajan ja kuukauden, joille tukiluokkatieto syötetään. Keskimääräinen tukiluokka tarkoittaa sitä, kuinka suuri osuus voimalaitoksen polttoainetietojärjestelmään tuotteina *karsittu ranka* tai *karsimaton ranka* merkityistä kuormista on ollut täysin tuettua. Näiden tuotteiden tukiluokka vaihtelee välillä 60–100 %. Osuus lasketaan megawattitunteina. Jos siis esimerkiksi tietyn toimittajan tietyn kuukauden kokopuu- ja rankahakkeesta puolet on ollut täysin tuettua, syötetään kyseiselle toimittajalle ja kuukaudelle kuukausikeskiarvoksi 50 %, jolloin keskimääräiseksi tukiluokaksi tulee 80 %.

Kuvassa 4.3 on esimerkki tukiluokan syöttämisestä kuukausikeskiarvona. Oikealla olevasta palkista käyttäjä valitsee mille laitokselle, toimittajalle ja kuukaudelle tukiluokkaa ollaan syöttämässä. Vasemmalla näytetään kyseisen kuukauden polttoainekuormien määrä, paino ja energiasisältö. Lisäksi näytetään mahdollisesti aiemmin syötetty tukiluokan kuukausikeskiarvo sekä tukiluokan perusteella lasketut täyden ja osittaisen tuen määrät megawattitunteina. Keskellä alhaalla olevaan tekstikenttään syötetään tukiluokka prosentteina.

Uusiutuvan energian sähköntuotantotukea haetaan kvartaaleittain. Kvartaalin tuotantomäärät raportoidaan energiaviraston SATU-järjestelmään. Tuen suuruus määräytyy luvuissa 2.4 ja 2.5 esitetyllä tavalla riippuen päästökaupan hinnasta. Tukien hakemista varten Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksessa on tukiraportti, jossa on summattuna tuettavien polttoaineiden energiasisältö yksikössä MWh. Kokopuu- ja rankahakkeen osalta raportilla on eritelty 60 % ja 100 % tukiluokat perustuen ennakkoviesteistä ja kuukausikeskiarvoista laskettuihin tietoihin. Jos rankarajauksen piirissä olevalle kuormalle ei ole ennakkoviestiä, eikä kuukausitasolla syötettyä tukiluokkatietoa, kuorman oletetaan olevan 60 % tukiluokkaa. Tukiraportilla näytetään myös muut kuin rankarajauksen

Tuote	100% tuki (MWh)	60% tuki (MWh)
Kantomurske	13,924	0
Kokopuu- ja rankahake	22,755	68,876
Metsätähdehake	14,491	0
Grand Total	51,169	68,876

Kuva 4.4. Tukiraportilla näytetään tuettavien polttoaineiden energiasisältö.

piirissä olevat tuotteet. Niille tukiluokka on aina 100 %. Tukiraportti on esitetty kuvassa 4.4. Kantomurske ja metsätähdehake ovat täysin tuettuja polttoaineita. Kokopuu- ja rankahake jakautuu täysin tuettuun ja osittain tuettuun polttoaineeseen.

4.5 Liiketoimintamalli

Sovelletaan luvuissa 3.3 ja 3.4 esitettyjä teollisen internetin sovellusten kustannuksia ja ansaintamalleja Valmet DNA Fuel Chain Management -sovellukseen.

4.5.1 Sovelluksen kustannukset

Luvussa 3.3 teollisen internetin sovelluksen kustannukset jaettiin viiteen osaan, jotka ovat kehityskustannukset, toimituskustannukset, käyttökustannukset, ylläpitokustannukset ja alasajokustannukset. Esitellään nyt, miten nämä kustannukset voisivat näkyä Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksessa.

Sovelluksen **kehityskustannuksia** ovat sovelluksen yleisestä kehittämisestä syntyviä kustannuksia, kuten sovelluksen toiminnan määrittelyä, suunnittelua ja toteuttamista. Kehitystyö voi olla loppukäyttäjälle helposti näkyvää, kuten uusi raportti, ominaisuus tai sovelluksessa olleen vian korjaaminen. Sovelluksen kehittämiseen kuuluu kuitenkin myös paljon työtä, joka ei näy suoranaisesti loppukäyttäjälle. Esimerkiksi sovelluksen tietokantarakenteen suunnittelu on sovelluksen toiminnan kannalta välttämätöntä mutta siihen käytetty kehitystyö ei välttämättä suoraan välity sovelluksen käyttäjälle. Uusien ominaisuuksien kehittäminen ja vanhojen ominaisuuksien muuttaminen aiheuttavat aina kehityskustannuksia. Eri ominaisuuksien välillä on kuitenkin merkittäviä eroja siinä, kuinka paljon kustannuksia niistä aiheutuu. Jotkin ominaisuudet ovat siis nopeita toteuttaa, kun taas toiset muutokset vaativat suuremman määrän työtä. Esimerkiksi polttoainetietojen raportointi eri muodossa voi olla yksinkertainen ominaisuus, josta aiheutuu vain vähän kehityskustannuksia. Uuden raportin lisääminen myös näkyy suoraan sovelluksen loppukäyttäjille. Sen sijaan esimerkiksi uuden käyttäjäryhmän lisääminen sovellukseen vaatisi suuria muutoksia sovelluksen sisäisessä käyttäjien hallinnassa. Tämä teettäisi paljon työtä ja näkyisi siten suurina kehityskustannuksina, vaikka sovelluksen nykyisille käyttäjille uusi ominaisuus ei varsinaisesti näkyisi.

Sovelluksen **toimituskustannukset** ovat asiakasprojektien toimituksiin liittyviä kuluja. Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksessa toimituskustannukset syntyvät tiedonkeruun asentamisesta, asiakaskohtaisesta räätälöinnistä, käyttäjätunnusten hallinnasta sekä kouluttamisesta. Sovellukseen voidaan kerätä dataa sekä voimalaitokselta että polttoaineen toimittajilta, kuten kuvattu luvuissa 4.1 ja 4.2. Polttoainetietojen kerääminen voimalaitokselta vaatii etäyhteyden palvelimelle, jossa Valmet DNA Fuel Data Manager -polttoainetietojärjestelmää ajetaan. Palvelimella asennetaan ja konfiguroidaan polttoainetietojen keruu ja lähetys Industrial Internetiin. Polttoainetietoja kerätään niiltä polttoaineen toimittajilta, jotka ovat liittyneet Forest Hub -palveluun. Asiakastoimituksen yhteydessä tehdään Forest Hubiin tarvittavat konfiguroinnit, kuten lisätään Forest Hubiin tarvittavat toimituspaikat. Toimituksen yhteydessä myös kehitetään eri polttoainetietojen yhdistämiseen tarvittavat toimintatavat. Toimituksessa määritellään käyttöoikeudet, eli keillä on oikeus päästä sovellukseen, ja mitä tietoja eri käyttäjät saavat nähdä. Käyttäjätunnusten luominen, käyttöoikeusryhmien luominen voimalaitokselle ja eri polttoaineen toimittajille sekä käyttöoikeuksien asettaminen aiheuttavat toimituskustannuksia. Myöhemmin käyttöoikeuksiin tehtävät muutokset kuuluvat sovelluksen ylläpitokustannuksiin. Tämän lisäksi asiakasprojektiin kuuluvat koulutukset sovelluksen käytöstä ovat sovelluksen toimituskustannuksia.

Valmet DNA Fuel Chain Managementin **käyttökustannukset** aiheutuvat lisenssimaksuista, viestien lähetyksmaksuista sekä datan käsittelystä. Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksessa käytettäviä lisenssimaksullisia ohjelmia ovat Salesforce, jota käytetään käyttäjien tunnistautumiseen, sekä visualisointityökalu Tableau, jolla polttoainetiedot esitetään käyttäjille. Lisenssimaksuja maksetaan kuukausittain käyttäjämäärän mukaisesti. Salesforcea ja Tableauta käytetään myös muissa Valmetin Industrial Internet -sovelluksissa. Jos siis samalla käyttäjällä on useita Valmetin teollisen internetin sovelluksia käytössä, niin lisenssimaksua ei tarvitse maksaa jokaisesta sovelluksesta erikseen. Forest Hub veloittaa viestikohtaisen hinnan jokaisesta Forest Hubin läpi lähetetystä viestistä viestin lähettäjältä. Viestien lähettämisestä aiheutuvat käyttökustannukset riippuvat siis Forest Hubin läpi lähetettävien analyysiviestien määrästä. Forest Hubin läpi lähetettävien analyysiviestien määrä puolestaan riippuu siitä, kuinka moni polttoaineen toimittaja on liittynyt Forest Hubiin. Lisäksi asiakkaan ja polttoaineen toimittajan kanssa voidaan sopia siitä, kuinka usein analyysiviestejä lähetetään. Analyysiviesti voidaan lähettää punituksen jälkeen, kosteusanalyysin valmistumisen jälkeen ja lämpöarvoanalyysin valmistumisen jälkeen. Jos kustannuksissa halutaan säästää, niin analyysiviestit voidaan määrittellä lähetettäväksi vasta kosteusanalyysin tai lämpöarvoanalyysin valmistumisen jälkeen. Ennakkoviestit veloitetaan polttoaineen toimittajalta, joten ne eivät aiheuta käyttökustannuksia Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen näkökulmasta. Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen käyttökustannuksia aiheutuu myös datan käsittelystä, mikä tarkoittaa uusien polttoainetietojen vastaanottamista sekä hakemista tietokannasta raporteille. Valmet DNA Fuel Chain Managementissa käytettävät datamäärät ovat vähäisiä, eikä sovellukseen kuulu raskasta analytiikkaa. Tämän takia datan käsittelystä aiheutuvat käyttökustannukset ovat pieniä.

Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksessa ei ole selkeitä tähän sovellukseen liittyviä **ylläpitokustannuksia**. Ylläpitoon voidaan laskea pienet sovellukseen liittyvät korjaus- ja kehitystyöt. Toisaalta kehitystyöt voidaan laskea myös sovelluksen kehityskustannuksiin. Sovelluksen ylläpitokustannuksiin kuitenkin jyvitetään osa Valmetin Industrial Internet -alustan kehitys- ja ylläpitokustannuksista. Käyttäjätunnusten ylläpitoon liittyvät työt aiheuttavat ylläpitokustannuksia, joita voivat olla uusien käyttäjien lisääminen, uusien polttoaineen toimittajien lisääminen sekä olemassa olevien käyttöoikeuksien muokkaaminen tai poistaminen.

Jos asiakas lopettaa Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen käytön, asiakkaan tiedot ja käyttäjätunnukset poistetaan sovelluksesta, mikä aiheuttaa **alasajokustannuksia**. Voimalaitoksen polttoainetietojärjestelmään asennettu tiedonkeruu kytketään pois päältä ja Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen tietokannassa oleva kyseisen asiakkaan polttoainedata poistetaan. Koska polttoainetiedonkeruu on kytketty pois päältä, ei enää myöskään mahdollisia analyysiviestejä lähetetä polttoaineen toimittajille. Asiakkaan käytössä olleet käyttäjätunnukset poistetaan, mikäli käyttäjille ei jää muita Industrial Internet -sovelluksia käyttöön.

4.5.2 Sovelluksen ansaintamallit

Kappaleessa 3.4 esiteltiin kolme ansaintamallia: freemium-malli, tilausmalli ja suorituskykyperusteinen malli. Esitellään miten näitä malleja voisi soveltaa Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen hinnoittelussa.

Tilausmalli on näistä kolmesta ansaintamallista yleisimmin käytetty. Siinä asiakas maksaa kuukausittain tai vuosittain sovelluksen käytöstä. Asiakas saa käyttää sovellusta niin kauan kuin tilaus on voimassa. Tilausmalli voisi sopia myös Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen hinnoittelumalliksi. Tilausmalliin voidaan kuukausimaksun lisäksi lisätä aloitusmaksu tai asiakaspalvelua, josta asiakas maksaa erikseen.

Aloitusmaksun tarkoituksena on kattaa toimituskustannuksia, joita ovat Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksessa tiedonkeruun asentaminen, asiakaskohtainen räätälöinti, käyttäjätunnusten hallinta sekä sovelluksen käytön kouluttaminen. Aloitusmaksun tarpeellisuus riippuu pitkälti asiakaskohtaisen räätälöinnin tarpeesta. Esimerkiksi jos asiakasta varten pitää tehdä uusia raportteja tai muuten muokata tuotetta, niin aloitusmaksun periminen voisi olla perusteltua. Myös tiedonkeruun asentaminen, käyttäjätunnusten luominen sekä koulutukset teettävät työtä riippumatta räätälöinnin tarpeesta.

Tilausmallissa sovelluksen toimittajan pitää määritellä tuotteelleen hinta. Hinta voi olla kaikille asiakkaille sama tai se voidaan laskea jokaiselle asiakkaalle erikseen. Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen käyttökustannukset riippuvat lisensoitujen käyttäjien määrästä ja Forest Hubin läpi lähetettyjen polttoaineviestien määrästä. Sovelluksen hinnoittelussa voisi siis myös huomioida asiakkaan käytössä olevien käyttäjätunnusten määrän sekä Forest Hubin läpi lähetettävien viestien määrän. Toisaalta hinnoitte-

lun voisi sitoa myös muihin mittareihin, kuten asiakkaan liikevaihtoon tai asiakkaan kuluttaman polttoaine-energian määrään. Tällöin myös pienempien toimijoiden on mahdollista ryhtyä sovelluksen käyttäjiksi, koska sovelluksen hinta ei ole kaikille sama.

Kappaleessa 4.4 kuvattiin kuinka voimalaitos voi Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen rankarajausominaisuuden avulla hakea korkeampaa sähköntuotannon tukea tietyt kriteerit täyttävälle kokopuu- ja rankahakkeelle. Ilman rankarajausominaisuutta voimalaitos voisi hakea kokopuu- ja rankahakkeelle vain 60 % tuotantotukea. Tällä perusteella sovelluksen hinnoittelun voisi kytkeä myös siihen, kuinka paljon enemmän sähköntuotantotukea voimalaitos on sovelluksen ansiosta voinut hakea. Tämä voisi tarkoittaa että voimalaitos maksaa pienen osuuden täysin tuetun kokopuu- ja rankahakkeen tuotantotuesta Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen tarjoajalle Valmetille. Hinnoittelu voisi perustua suoraan haetun tuen määrään esimerkiksi tiettynä prosenttiosuutena voimalaitokselle maksetusta kokopuu- ja rankahakkeen täydestä tuesta, jolloin sovelluksen kuukausimaksun lisäksi maksettaisiin osa saadusta tuesta. Rankarajausominaisuuden tuoma hyöty voidaan ottaa myös huomioon suoraan tilauksen hinnassa, jolloin palvelusta maksetaan suurempi kuukausimaksu. Sovelluksen hinnoittelussa voidaan siis joka tapauksessa huomioida se, kuinka paljon rahallista hyötyä voimalaitos saa rankarajausominaisuuden ansiosta.

Freemium-mallissa asiakas saa maksutta käyttöönsä yksinkertaisen version sovelluksesta. Freemium-mallin ajatuksena on houkutella asiakas ostamaan varsinainen tuote. Freemium-malli voisi Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen yhteydessä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että asiakas saa ilmaiseksi käyttöönsä osan polttoaineraportteista. Asiakas yritettäisiin houkutella ostamaan kehittyneempiä lisäominaisuuksia, kuten muita raportteja tai rankarajausominaisuus. Freemium-versio voisi myös olla raportointi vain voimalaitoskäyttäjille, jolloin siis polttoaineen toimittajat eivät pääsisi käyttämään sovellusta. Lisäominaisuutena voitaisiin myydä käyttöoikeuksia polttoaineen toimittajille.

Valmetin teollisen internetin portfolioissa voisi myös olla muita voimalaitosten polttoaineiden käyttöön liittyviä sovelluksia, jotka mahdollisesti hyödyntäisivät osittain samaa dataa kuin nykyinen polttoainekuormien raportointi Valmet DNA Fuel Chain Management. Jos sovelluksia olisi enemmän, voitaisiin polttoainekuormien raportointia käyttää sisäänheittosovelluksena freemium-mallin mukaisesti. Esimerkiksi voimalaitokselta kerättyjen polttoainetietojen raportointi pilviympäristössä on melko vaivatonta toteuttaa niille voimalaitoksille, joilla on käytössään Valmet DNA Fuel Data Manager. Freemium-mallin esteenä voivat olla kolmansien osapuolien sovelluksista maksettavat käyttäjäkohtaiset lisenssimaksut. Jokainen asiakkaalle toimitettu sovellus aiheuttaa toimitus-, käyttö- ja ylläpito-kustannuksia, joten freemium-tuotteiden jakeleminen voi myös tulla kalliiksi.

Kolmas ansaintamalli on suorituskykyperusteinen malli. Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen vaikutusta voimalaitoksen suorituskykyyn ei voida varsinaisesti mitata, joten suorituskykyperusteisen ansaintamallin käyttö ei ole tämän sovelluksen kanssa mahdollista. Myöskään asiakaspalvelutyön myyminen Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen yhteyteen ei tunnu realistiselta.

4.6 Sovelluksen käyttöönoton tilanne

Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen tavoitteita ovat

- Polttoainetietojen raportointi voimalaitokselle ja polttoaineen toimittajille Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen käyttöliittymän kautta.
- Polttoainetietojen lähettäminen polttoaineen toimittajille liittynän avulla.
- Järeän puun tuotantotukeen liittyvä tietojen hallinta ja raportointi.

Polttoainetietojen raportointi onnistuu Fuel Chain Management -sovelluksen kautta sekä voimalaitokselle että polttoaineen toimittajille. Sovellukseen kuuluu raportointi yksittäisten kuormien tasolla sekä kuormista tehty yhteenvetoraportti. Käyttäjät voivat suodattaa raportteja laitos-, tuote-, toimittaja- ja kuukausikohtaisesti.

Polttoainetietojen lähettäminen polttoaineen toimittajien järjestelmiin tulee tapahtumaan luvussa 4.2.2 esitellyillä analyysiviesteillä. Analyysiviestien toteuttaminen on vielä kesken.

Järeän puun tuotantotuen tukiluokkatietojen kerääminen tapahtuu toistaiseksi kuukausikeskiarvomenetelmällä, koska ennakkoviesteihin perustuvaa järjestelmää ei ole vielä otettu käyttöön. Kuukausikeskiarvon syöttö on otettu käyttöön kaikkien järeää puuta toimittavien polttoaineen toimittajien kanssa. Tukiluokkatietojen esittämiseen on myös tehty raportointijärjestelmä, jonka avulla voimalaitos voi hakea uusiutuvan energian tuotantotukea. Vuoden 2019 aikana uusiutuvan energian tukea ei ole maksettu johtuen EU:n päästökaupan päästöoikeuden hinnannoususta.

5 KEHITTÄMISMAHDOLLISUUKSIA

Tässä luvussa esitellään työssä löydettyjä polttoainesovelluksen tiedonkulkuun ja polttoainetietojen raportointiin liittyviä jatkokehitysmahdollisuuksia, joita ei ole vielä toteutettu Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksessa.

5.1 Tiedonkulku

Tärkeä polttoainetietojärjestelmän ominaisuus vaikuttaisi olevan eri järjestelmien väliset liitännät. Tiedonkulku polttoaineen toimitusketjun osapuolten järjestelmien välillä helpottaa osapuolten välistä kommunikointia ja parantaa tiedon laatua sekä toimitusketjun jäljitettävyyttä. Toisaalta hyötyä voi olla myös keskitetystä tietojärjestelmästä, jonka kautta polttoainetietoja voi nähdä useammalta voimalaitokselta tai polttoaineen toimittajalta.

Tiedonkulun kehittämisen kannalta olennaisimmat huomiot ovat:

- Polttoaineen toimittajan ja voimalaitoksen kuormatietojen yhdistämistä voitaisiin helpottaa viemällä ennakkoviestit voimalaitoksen vaakapäätteelle.
- Polttoaineen toimittajan ja voimalaitoksen välinen viestinvälitys voidaan toteuttaa myös muilla keinoilla kuin Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen avulla.
- Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen merkitys viestien välittäjänä pienenee, jos viestit kulkevat myös Forest Hub -palvelun kautta.

Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksessa eri tietojärjestelmien välinen liitnytä toteutettiin niin, että voimalaitoksen polttoainetietojärjestelmä Valmet DNA Fuel Data Managerista ja polttoaineen toimittajan järjestelmästä tarvittavat polttoainetiedot lähetetään Valmetin Industrial Internetiin. Polttoaineen toimittajan lähettämää ennakkoviestiä ei välitetä voimalaitokselle, eli Industrial Internetistä ei lähetetä mitään tietoa Valmet DNA Fuel Data Manageriin päin. Näin ollen ennakkoviesteissä olevaa tietoa ei voida hyödyntää Valmet DNA Fuel Data Managerissa vaan ainoastaan Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen raporteissa. Myös ongelmalliseksi osoittautunut ennakkoviestien ja Valmet DNA Fuel Data Managerin polttoainetietojen yhdistäminen täytyy tässä lähestymistavassa hoitaa Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksessa.

Vaihtoehtoinen lähestymistapa olisi lähettää ennakkoviestit voimalaitokselle. Vaakapäätteellä polttoainekuorman kuljettajalle näytettäisiin häntä koskevat laitokselle tulleet ennakkoviestit. Näistä ennakkotiedoista kuljettaja voisi valita, minkä ennakkoviestin mukai-

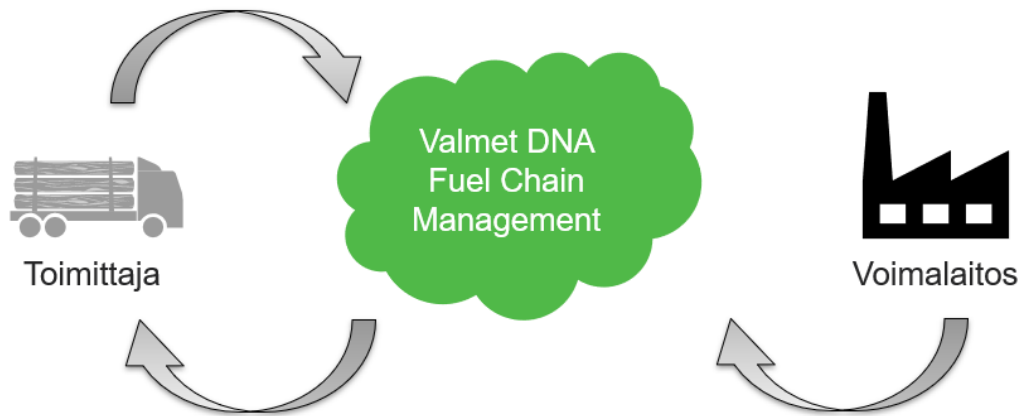
sesta kuormasta on kyse. Tämä toimintamalli voisi helpottaa kuormatietojen yhdistämistä, kun tunnistetietoja ei tarvitsisi syöttää käsin järjestelmästä toiseen. Jos ennakkoviestiä ei olisi laitoksella saatavilla esimerkiksi tietoliikennekatkoksen tai muun virheen vuoksi, voisi kuljettaja edelleen syöttää tiedot myös käsin. Ennakkoviestien välittämistä varten voimalaitoksen polttoainetietojärjestelmään sekä kuljettajan käyttämään vaakapäätteen pitäisi tehdä muutoksia. Ennakkoviestien vieminen laitokselle helpottaisi kahden eri järjestelmän välisten tietojen yhdistämistä, mikä parantaisi polttoainetietojen luotettavuutta sekä toimitusketjun jäljitettävyyttä.

Erilaisia vaihtoehtoja ennakkoviestien ja analyysiviestien välittämiseksi on esitetty kuvissa 5.1–5.3. Kuvassa 5.1 on esitetty nyt Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksessa käytetty menetelmä, jossa ennakkoviesti lähetetään polttoaineen toimittajan järjestelmästä Valmet DNA Fuel Chain Management -sovellukseen, mutta ennakkoviestiä ei välitetä voimalaitoksen polttoainetietojärjestelmään. Polttoaineille tehtyjen analyysien tulokset lähetetään analyysiviesteinä voimalaitokselta Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen kautta polttoaineen toimittajan järjestelmään. Kuvassa 5.2 on esitetty edellisessä tekstikappaleessa kuvattu toimintatapa, jossa polttoaineen toimittajan lähettämä ennakkoviesti välitetään Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksesta edelleen voimalaitokselle. Kuvassa 5.3 on esitetty tilanne, jossa Valmet DNA Fuel Chain Management -sovellusta ei ole olemassa. Ennakkoviestien välittäminen polttoaineen toimittajan ja voimalaitoksen välillä on mahdollista myös ilman välissä olevaa pilvisovellusta. Tällöin jokaisen toimittajan ja voimalaitoksen välille pitää tehdä erilliset liittynät, mikä vaatii myös enemmän palomuurivauksia voimalaitoksen päähän. Kuvissa 5.1 ja 5.2 esitetyissä malleissa kaikki tietoliikenne voimalaitokselle tai voimalaitokselta tulee saman Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen kautta.

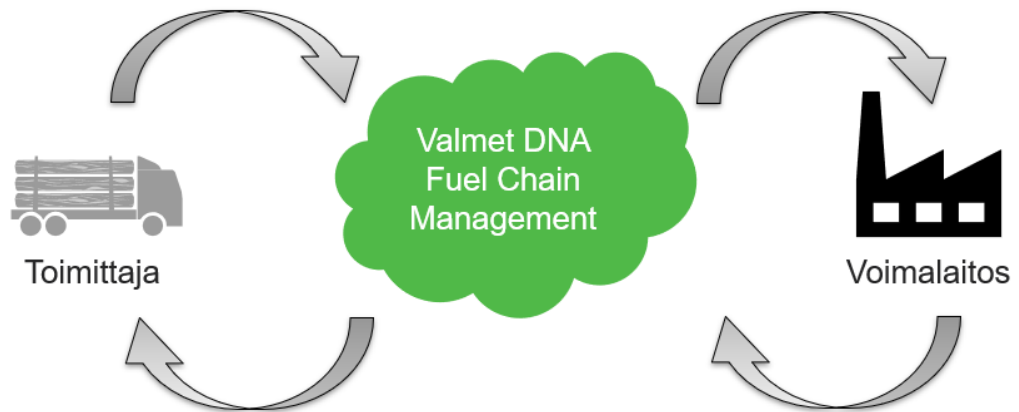
Tiedonkulkua on kuvissa 5.1–5.3 yksinkertaistettu siinä mielessä, että kuvissa näytetään vain yksi polttoaineen toimittaja ja yksi voimalaitos. Todellisuudessa yhdellä voimalaitoksella on useampia polttoaineen toimittajia. Toisaalta myös sama polttoaineen toimittaja voi toimittaa polttoainetta useammalle eri voimalaitokselle. Lisäksi kuvissa ei ole esitetty Forest Hubia, joka toimii tiedon välittäjänä polttoaineen toimittajan ja Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen (tai kuvassa 5.3 toimittajan ja voimalaitoksen) välissä.

Osa Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen roolista on koota polttoaineen toimittajien ja voimalaitosten välistä tietoliikennettä kulkemaan yhden palvelun kautta. Toisaalta Forest Hub on erikoistunut viestien välittämiseen metsäteollisuuden eri toimijoiden välillä, mikä pienentää Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen roolia viestien välittämisessä. Polttoaineen toimittajat ja voimalaitokset voisivat saada ennakkoviestien ja analyysiviestien hyödyt myös lähettämällä viestit suoraan Forest Hubin kautta ilman Valmet DNA Fuel Chain Management -sovellusta. Yksi oletettu teollisen internetin hyöty oli se, että pilvipalveluna toimiva polttoainesovellus helpottaa liittytöjen tekemistä eri osapuolien välillä. Näin voi ollakin, jos liittytöjä teollisesta internetistä tehdään suoraan yksittäisiin polttoaineen toimittajiin. Jos kuitenkin viestiliikenne kulkee pääsääntöisesti Forest Hubin kautta, ei teollisen internetin polttoainesovelluksesta ole hyötyä viestien välittämi-

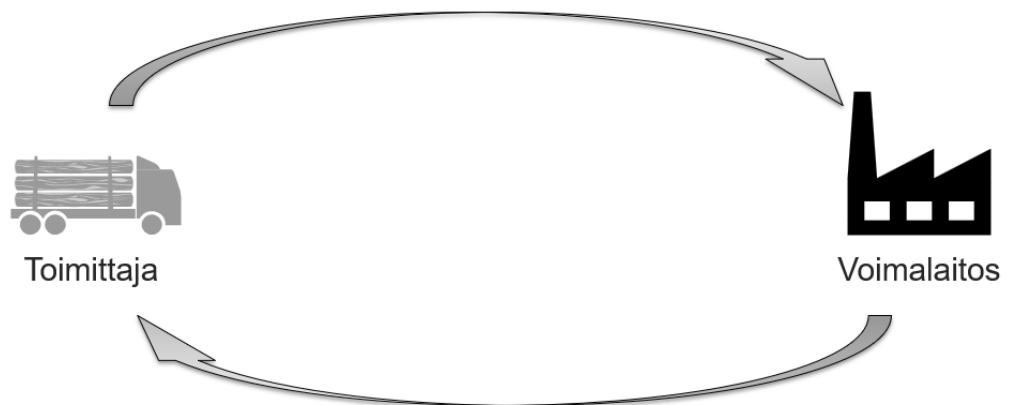
sen helppouden kannalta.



Kuva 5.1. Nykyisessä mallissa ennakkoviestiä ei välitetä voimalaitokselle.



Kuva 5.2. Tiedonkulkua voitaisiin muuttaa niin, että ennakkoviesti lähetettäisiin voimalaitokselle asti.



Kuva 5.3. Ennakkoviestien ja analyysiviestien lähettäminen on mahdollista myös polttoaineen toimittajan ja voimalaitosten järjestelmien välillä.

5.2 Polttoaineraportointi

Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen avulla polttoainetiedot voidaan raportoida voimalaitokselle sekä polttoaineen toimittajille. Polttoaineraportoinnin kehittämisen kannalta olennaisimmat huomiot ovat:

- Valmet DNA Fuel Data Manager sisältää voimalaitokselle tärkeitä ominaisuuksia, joita ei vielä korvata Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksella.
- Valmet DNA Fuel Chain Management -sovellus tarjoaa polttoaineraportoinnin polttoaineen toimittajille lähempänä reaaliaikaa.
- Polttoaineen toimittajan polttoaineraportoinnin olisi hyvä tapahtua ensisijaisesti polttoaineen toimittajan omassa järjestelmässä.
- Sekä voimalaitosyhtiöt että polttoaineen toimittajat voivat hyötyä keskitetystä polttoaineraportoinnista.

Valmet DNA Fuel Chain Management -sovellus mahdollistaa polttoainetietojen raportoinnin pilvipalvelun kautta voimalaitokselle sekä polttoaineen toimittajille. Nykyisellään Valmet DNA Fuel Chain Management ei korvaa voimalaitoksen käyttämää Valmet DNA Fuel Data Manager -järjestelmää, jota voimalaitoksen henkilökunta käyttää päivittäin voimalaitoksen sisäverkossa. Valmet DNA Fuel Data Manager -sovelluksen kautta kuljettajat kirjaavat laitokselle saapuvat polttoainekuormat. Voimalaitoshenkilökunta voi muokata kuormien tietoja, ylläpitää yleisiä tietoja sekä syöttää polttoaineanalyysien tietoja. Mikään ei kuitenkaan estä, etteikö näitä toimintoja voisi tehdä jatkossa myös pilvisovelluksen kautta. Yksittäisen voimalaitoksen polttoainetietoja seuraavat voimalaitoskäyttäjät eivät kuitenkaan varsinaisesti hyödy siitä, että sovellus on pilvessä.

Teollisen internetin polttoaineraportoinnin etuna voidaan nähdä polttoainetietojen helppo jakaminen polttoaineen toimittajille. Muutamat polttoaineen toimittajat ovat päässeet käyttämään Valmet DNA Fuel Chain Management -sovellusta. Pääpaino sovelluksen käytössä on ollut rankarajaustoiminnallisuuden hyödyntäminen, eli kuukausittaisten tukiluokkatietojen kirjaaminen sovellukseen, minkä Valmet DNA Fuel Chain Management -sovellusta käyttäneet polttoaineen toimittajat ovat kokeneet sujuvaksi. Jatkossa käsin syöttöominaisuuden käyttöä olisi kuitenkin tarkoitus vähentää, ja korvata kuukausikeskiarvojen syöttäminen mieluummin liityntöjen kautta tapahtuvalla tiedonvälityksellä.

Polttoaineen toimittajille voidaan raportoida heidän toimittamiaan polttoaineita sekä Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen kautta että polttoaineen toimittajan omassa järjestelmässä, mikäli liityntä tähän järjestelmään on tehty. Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksessa käyttäjät pääsevät seuraamaan sekä yksittäisiä polttoainekuormia että niistä tehtyjä koonteja. Vanha toimintatapa on ollut se, että voimalaitos lähettää polttoaineen toimittajille polttoainetiedot pdf- tai excel-tiedostona. Verrattuna voimalaitoksen lähettämään kuukausittaiseen pdf-muotoiseen kuormalistaan tai koontiraporttiin Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen raporttien avulla polttoaineen toimittaja pystyy käsittelemään tietoja dynaamisesti erilaisten valintojen ja suodatusten avulla,

mikä voi parantaa polttoaineen toimittajan käsitystä toimittamastaan polttoaineesta. Toisaalta vastaava tiedon käsitteleminen on mahdollista myös taulukkolaskentaohjelmistoilla tai mahdollisesti polttoaineen toimittajan omassa tietojärjestelmässä, mikäli polttoainetiedot ovat siellä saatavilla.

Haastatteluiden ja kirjallisuuden perusteella polttoaineen toimittajat ovat kiinnostuneita seuraamaan polttoaineen kosteutta erityisesti metsähakkeen osalta. Toistaiseksi Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksessa ei ole vielä keskitytty kosteuden raportointiin mutta jatkossa polttoaineen toimittajille suunnattu kosteusraportointi voisi olla hyödyllinen. Voimalaitoksella polttoaineen kosteusanalyysit tehdään vuorokausittain toimittajan, lähtövaraston ja tuotteen mukaan. Kosteusraportilla voitaisiin vertailla eri lähtövarastojen kosteuksia, kun tietty toimittaja ja tuote on valittu. Kosteusraportilla voitaisiin myös seurata vuorokausikohtaista kosteuden muuttumista, kun valittuna on tuote, toimittaja tai lähtövarasto. Tämän kaltaisilla raporteilla polttoaineen toimittaja voisi saada paremman käsityksen toimittamastaan polttoaineesta sekä omista polttoainevarastoistaan.

Sekä polttoainetietojen yleinen raportointi polttoaineen toimittajille että kosteuden seurantaan tarkoitettu raportti herättävät kysymyksen, onko Valmet DNA Fuel Chain Managementin kaltainen sovellus niille oikea paikka vai pitäisikö raportoinnin tapahtua polttoaineen toimittajan omassa tietojärjestelmässä. Polttoainekuormien analyysitiedot voidaan toimittaa polttoaineen toimittajan järjestelmään analyysiviestien muodossa esimerkiksi Forest Hub -palvelun avulla. Etuna tässä toimintamallissa on se, että polttoaineen toimittajan järjestelmässä luultavasti on myös muuta tietoa kuin mitä voimalaitoksella on. Polttoaineen toimittaja esimerkiksi hallitsee omia varastojaan oman järjestelmänsä kautta. Tällöin käyttäjän on helpompi seurata varaston polttoaineen laatua, kun tiedon palasia ei tarvitse yhdistellä eri järjestelmistä. Polttoaineen toimittaja voi olla kiinnostunut käyttämään erillistä polttoainesovellusta, jos liittynän tekeminen ei ole mahdollista tai jos tieto on paremmin esitetty polttoainesovelluksessa kuin käyttäjän omassa järjestelmässä.

Polttoainetietojen keskitetty raportointi Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen avulla tarjoaa mahdollisuuden nähdä usean voimalaitoksen polttoainetietoja yhden järjestelmän kautta. Tämä voi olla hyödyllistä voimalaitoskäyttäjille, jotka seuraavat useampien voimalaitosten polttoainetietoja. Tällöin on mahdollista seurata yksittäisiä voimalaitoksia käyttäen yhtä järjestelmää, mikä voi helpottaa, jos erillisiä järjestelmiä olisi muuten paljon. Keskitetty järjestelmä mahdollistaa myös useamman voimalaitoksen tietojen yhdistämisen ja eri laitosten polttoaineiden vertaamisen. Vastaavasti keskitetystä järjestelmästä voi olla hyötyä myös polttoaineen toimittajille, jos sama polttoaineen toimittaja toimittaa polttoainetta useammalle eri voimalaitokselle, jotka käyttävät keskitettyä polttoainetietojärjestelmää. Polttoaineen toimittajan saama hyöty riippuu myös siitä, työskenteleekö eri voimalaitosten polttoainetoimitusten parissa sama vai eri henkilö. Esimerkiksi Suomessa suuret metsäyhtiöt toimittavat polttoainetta monille laitoksille mutta metsäyhtiöiden sisällä eri voimalaitoksille menevistä polttoainetoimituksista voivat vastata eri henkilöt.

6 YHTEENVETO

Tässä diplomityössä tutkittiin teollisen internetin mahdollisuuksia kiinteiden polttoaineiden toimitusketjun hallinnassa, polttoaineiden toimitusketjuun liittyviä sidosryhmiä sekä teollisen internetin sovelluksiin liittyviä liiketoimintamalleja. Aihetta tutkittiin kirjallisuudesta, haastatteluiden avulla sekä kehittämällä pilvipohjainen polttoainetietojen raportointisovellus Valmet DNA Fuel Chain Management, joka on myös työn merkittävin tulos. Polttoainesovelluksen kehittäminen tarjosi käytännönläheisen lähestymistavan aihepiiriin.

6.1 Teollisen internetin mahdollisuuksien yhteenveto

Teollinen internet tarkoittaa erilaisten tietojärjestelmien yhteenliittämistä ja teollisuudessa syntyvän datan keräämistä sekä hyödyntämistä. Polttoaineen toimitusketjun hallinnassa teollisen internetin suurimmat mahdollisuudet ovat toimitusketjun eri osapuolten tietojärjestelmien integroinnissa. Polttoaineen toimittajien ja voimalaitoksen tietojärjestelmien yhteenliittäminen voi tapahtua polttoainekuormista kertovilla papiNet-protokollan mukaisilla viesteillä, joiden avulla eri osapuolten polttoainekuormasta keräämät tiedot välitetään järjestelmästä toiseen. Tietojärjestelmien integroinnin hyötyjä ovat esimerkiksi helpompi laskutus, parantunut polttoaineen toimitusketjun jäljitettävyyys sekä käsin syötettävien tietojen vähentäminen.

Voimalaitoksen ja polttoaineen toimittajan välisen liittynnän tekemiseen on erilaisia mahdollisuuksia. Yksinkertaisin menetelmä on rakentaa liittyntä erikseen jokaisen toimijaparin väliin. Tämä johtaa kuitenkin liittyntöjen suureen määrään. Suomalaiset metsäteollisuusyhtiöt ovat yhdessä Tiedon kanssa edistäneet liittyntöjen keskittämistä Forest Hub -palvelun avulla. Palvelu helpottaa viestiliikennettä eri toimijoiden välillä vähentämällä yksittäisten liittyntöjen määrää. Jatkossa Forest Hubin läpi kulkevaa dataa voidaan hyödyntää myös polttoainetietojen analytiikkaan.

6.2 Toimitusketjun sidosryhmien yhteenveto

Polttoaineen toimitusketjua tutkittiin lähinnä voimalaitoksen ja polttoaineen toimittajan näkökulmasta. Muita toimitusketjuun kuuluvia sidosryhmiä ovat toimituksiin liittyvä logistiikka, polttoainenäytteitä analysoivat laboratoriot sekä toimintaa valvovat viranomaiset.

Valmet DNA Fuel Chain Management -sovellus tarjoaa polttoaineen toimittajille reaaliaikaisen polttoaineraportoinnin, josta on mahdollista seurata yksittäisiä polttoainekuormia sekä niistä koostettuja yhteenvedoja. Raportointi on aiempaa dynaamisempaa, eli käyttäjä pystyy suodattamaan tietoja esimerkiksi voimalaitoksen tai tuotteen mukaan. Jatkossa Valmet DNA Fuel Chain Management tulee myös mahdollistamaan polttoaineiden analyysitietojen lähettämisen liityntöjen kautta suoraan polttoaineen toimittajien omiin tietojärjestelmiin.

Haastattelututkimusten perusteella sidosryhmien sisällä voi olla eri toimijoiden kesken erilaisia tarpeita polttoaineen toimitusketjun seurantaan. Isommat toimijat ovat luultavasti kiinnostuneempia tietojärjestelmien integroimisesta kun taas pienemmät toimijat voisivat olla kiinnostuneita Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen tyyppisestä valmiista polttoainetietojen raportointijärjestelmästä.

Polttoainetietojärjestelmän avulla polttoaineen toimittajat pystyvät seuraamaan omia polttoainetoimituksiaan. Polttoaineen kosteuden seuranta on tärkeää toimitusketjun eri osapuolille, joten polttoaineen kosteudesta kerätty data pitäisi esittää niin, että siitä on eri käyttäjille hyötyä.

6.3 Liiketoimintamallien yhteenveto

Valmet DNA Fuel Chain Management -sovelluksen suurimmat kustannukset tulevat sovelluksen kehittämisestä, asiakastoimituksista sekä käytöstä. Kehityskustannuksia aiheuttaa sovelluksen toiminnan määrittelystä, suunnittelusta ja toteuttamisesta. Asiakaskohtaisia toimituskuluja ovat esimerkiksi tiedonkeruun asentaminen ja raporttien asiakaskohtaiset räätälöinnit. Käyttökustannuksia syntyy pääosin käyttäjäkohtaisista lisenssimaksuista. Lisäksi sovelluksessa on pieniä ylläpito- ja alasajokustannuksia.

Sovelluksen ansaintamallin kannattaa luultavasti perustua kuukausimaksuun. Kuukausimaksun määrän tulee riippua ainakin palvelun käyttäjämäärästä mutta se voidaan mahdollisesti sitoa myös muihin mittareihin, kuten voimalaitoksen tuottamaan energiamäärään. Lisäksi sovelluksen toimituskustannuksia voidaan kattaa aloitusmaksulla. Valmet DNA Fuel Chain Management voisi olla myös mahdollinen sisäänheittotuote Valmet Industrial Internetiin, jolloin sovellus voitaisiin tarjota freemium-hinnoittelulla.

LÄHTEET

- Alakangas, E., Hurskainen, M., Laatikainen-Luntama, J. ja Korhonen, J. (2016). *Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia*. VTT Technical Research Centre of Finland Ltd. ISBN: 978-951-38-8419-2.
- Collin, J. ja Saarelainen, A. (2016). *Teollinen internet*. Talentum. ISBN: 978-952-14-2849-4.
- Energiateollisuus ry (2018). *Energiavuosi 2017 Sähkö*.
- (2019). *Energiavuosi 2018 Sähkö*. https://energia.fi/files/1407/Energiavuosi_2018_Sahko_paivitys_20190412.pptx. (Viitattu 04.07.2019).
- Energiavirasto (2015). *Metsähaketuen rajaus - Toimintaohjeet sähkön tuottajille ja toden-
tajille, Versio 1.0*.
- (2016a). *Seurantaohje: Uusiutuvilla energialähteillä tuotettavan sähkön tuotantotuen hakeminen ja seurantavelvoitteet*. URL: <https://energiavirasto.fi/documents/11120570/12760153/Seurantaohje-01032019.pdf> (viitattu 16.10.2018).
- (2016b). *Syöttötariffin määräytyminen*.
- (2018a). *Infotilaisuus sähkön tuottajille ja polttoainetoimittajille metsähaketuen rajauk-
sesta 28.8.2018*.
- (2018b). *Syöttötariffijärjestelmän vuosiraportti 2017*.
- (2019). *Tuotanto- ja kompensaatiotuen sähköinen asiointijärjestelmä (SATU)*. URL: <https://tuotantotuki.emvi.fi> (viitattu 24.09.2019).
- Ginet, C. (2014). Standardised electronic data exchange in the French wood supply chain. *Proceedings of the Precision Forestry Symposium 2014: The anchor of your value chain*, 93–96. URL: https://scholar.sun.ac.za/bitstream/handle/10019.1/86165/ackerman_precision_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=101 (viitattu 24.09.2019).
- Harmaala, T. (2018). *Gas Turbine Power Plant Benchmarking and Optimization with Machine Learning in Industrial Internet environment*. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto. URL: <https://trepo.tuni.fi/handle/123456789/25736> (viitattu 24.09.2019).
- Heinonen, S. (2015). *Logistiikka-asiantuntijoiden työajan kohdentuminen ja työn kehittämistarpeet Metsä Groupissa*. Opinnäytetyö, Tampereen ammattikorkeakoulu. URL: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/91997/Heinonen_Samuel.pdf?sequence=1&isAllowed=y (viitattu 24.09.2019).
- Helynen, S., Flyktman, M., Mäkinen, T., Sipilä, K. ja Vesterinen, P. (2002). Bioenergian mahdollisuudet kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. *VTT tiedotteita 2145*.
- Höglund, E., Pylväinen, J. ja Kantola, P. (2018). *Haastattelu 19.9.2018*.

- Jahkonen, M. ja Ikonen, T. (2014). Toimijoiden näkemykset metsähakkeen toimitusketjun laadusta Pohjois-Karjalan alueella. Metlan työraportteja 280. URL: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp280.pdf> (viitattu 24. 09. 2019).
- Kilponen, M. (2018). *Haastattelu 12.10.2018*.
- Kiviniemi, T. (2018). *Haastattelu 16.11.2018*.
- Koskiniemi, E. (2018). *Haastattelu 24.9.2018*.
- Lahtinen, P., Jokinen, M. ja Leino, P. (2005). *Turpeen energiakäytön asema Suomen energijärjestelmässä*. Kauppa- ja teollisuusministeriö. ISBN: 951-739-880-8.
- Laitila, J., Asikainen, A. ja Pasanen, K. (2012). Hankinnan teknologia, logistiikka ja hiilidioksidipäästöt. Julkaisussa: Asikainen, Antti, Ilvesniemi, Hannu, Sievänen, Risto, Vaapaavuori, Elina & Muhonen, Timo (toim.). Bioenergia, ilmastonmuutos ja Suomen metsät. Metlan työraportteja 240: 171–184. URL: http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp240_3_3.2.pdf (viitattu 24. 09. 2019).
- Lapakko, J. (2018). *Sähköposti 16.8.2018*.
- Lauhanen, R., Ahokas, J., Esala, J., Hakonen, T., Sippola, H., Viirimäki, J., Koskiniemi, E., Laurila, J. ja Makkonen, I. (2014). *Metsätoimihenkilön energialaskuoppi*. URL: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/80849/C6.pdf?sequence=1> (viitattu 24. 09. 2019).
- Leber, J. (2012). *General Electric Pitches an Industrial Internet*. URL: <https://www.technologyreview.com/s/507831/general-electric-pitches-an-industrial-internet/> (viitattu 10. 07. 2019).
- Luomaharju, T. (2018). *Haastattelu 15.11.2018*.
- Maunula, J. (2018). *Haastattelu 7.11.2018*.
- Metsätietostandardit* (2014). Suomen Metsäkeskus, verkkosivu. URL: <https://www.metsatietostandardit.fi/> (viitattu 19. 05. 2019).
- Mäkelä, V.-M. ja Tuunanen, J. (2015). *Suomalainen kaukolämmitys*. Mikkelin ammattikorkeakoulu. ISBN: 978-951-588-507-4. URL: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/97138/URNISBN9789515885074.pdf> (viitattu 24. 09. 2019).
- Nikander, J. (2017). Suitability of papiNet-standard for straw biomass logistics. *Journal of Industrial Information Integration* 6, 11–21. ISSN: 2452-414X.
- Nopanen, A. (2017). *Utilizing the Industrial Internet for Power Plants*. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto. URL: <https://trepo.tuni.fi/handle/123456789/25242> (viitattu 24. 09. 2019).
- Nummelin, T., Petäjistö, L. ja Rummukainen, A. (2014). Metsähakkeen käyttö ja hankinta energiantuotantolaitoksissa – toimintatavat ja toiminnan ongelmat. Metlan työraportteja 292. URL: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp292.pdf> (viitattu 24. 09. 2019).
- Nummelin, T., Petäjistö, L., Rummukainen, A. ja Kautto, K. (2015). Metsähakkeen toimitus energiantuotantolaitokselle - toimintatavat ja arvon syntyminen. Luonnonvarakeskus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 54/2015. URL: https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/519747/luke-luobio_54_2015.pdf (viitattu 24. 09. 2019).

- Orasuo, V. (2018). *Bioenergian merkitys ja kestävyys - Suomelle ja globaalisti*. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto. URL: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/26497/Orasuo.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (viitattu 24.09.2019).
- papiNet (2019a). *DeliveryInstruction*. papiNet Standard - Version 2.31. http://www.papinet.org/fileadmin/user_upload/v2r31/20190327/pdf/DeliveryInstructionV2R31_20190327_2019-04-27.pdf. (Viitattu 24.09.2019).
- (2019b). *DeliveryMessage*. papiNet Standard - Version 2.31. http://www.papinet.org/fileadmin/user_upload/v2r31/20190327/pdf/DeliveryMessageV2R31_20190327_2019-04-27.pdf. (Viitattu 24.09.2019).
- (2019c). *MeasuringTicket*. papiNet Standard - Version 2.31. http://www.papinet.org/fileadmin/user_upload/v2r31/20190327/pdf/MeasuringTicketV2R31_20190327_2019-04-27.pdf. (Viitattu 24.09.2019).
- PiiMega (2019). *Tiedon ja PiiMegan yhteistyö edistää Forest Hub -ekosysteemipalvelun käyttöönottoa sahateollisuudessa*. Tiedote. URL: <https://www.piimega.fi/blogi/post/tiedon-ja-piimegan-yhteistyö-edistaa-forest-hub-ekosysteemipalvelun-kayttoonottoa-sahateollisuudessa> (viitattu 20.05.2019).
- Rautiainen, T. (2018). *Haastattelu 20.11.2018*.
- Rehman, M. H. ur, Yaqoob, I., Salah, K., Imran, M., Jayaraman, P. P. ja Perera, C. (2019). The role of big data analytics in industrial Internet of Things. *Future Generation Computer Systems* 99, 247–259.
- Routa, J., Kolström, M., Ruotsalainen, J. ja Sikanen, L. (2016). Validation of prediction models for estimating the moisture content of logging residues during storage. *Biomass and Bioenergy* 94, 85–93. ISSN: 0961-9534.
- Sairanen, E. ja Rautiainen, T. (2018). *Haastattelu 15.11.2018*.
- Sällinen, V. (2013). *Superheater corrosion management in biofuel boilers*. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto. URL: <https://trepo.tuni.fi/handle/123456789/21871> (viitattu 24.09.2019).
- Strandström, M. (2018). *Metsähakkeen tuotantoketjut Suomessa vuonna 2017. Metsätehon tulosalvosarja 11/2018*. Metsäteho Oy. URL: http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tulosalvosarja_2018_11_Metsahakkeen_tuotantoketjut_2017.pdf (viitattu 24.09.2019).
- Syrjälä, M. (2018). *EPM Metsä: Metsähakkeen alkuperäketju*. (Viitattu 02.08.2018).
- Särkijärvi, T. (2009). Sähkön hinta pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla. Tutkielma.
- Taskinen, E. ja Räisänen, S. (2018). *Haastattelu 25.10.2018*.
- Tieto (2017). *Introducing Forest Hub, Digitalizing Wood and Fibre Supply*. Esitys. URL: <https://campaigns.tieto.com/sites/default/files/2017-05/Tieto%20Forest%20Hub%20presentation.pdf> (viitattu 19.05.2019).
- (2018). *Forest Hub, määrittelydokumentaatio*.
- (2019). *Forest Hub -sovellus*.
- Tilastokeskus (2018a). *Suomen virallinen tilasto (SVT): Energian hankinta ja kulutus [verkkajulkaisu]*. ISSN=1799-795X. 2017, Liitekuvio 1. Energian kokonaiskulutus 2017

. URL: http://www.stat.fi/til/ehk/2017/ehk_2017_2018-12-11_kuv_001_fi.html (viitattu 03.07.2019).

Tilastokeskus (2018b). *Suomen virallinen tilasto (SVT): Energian hankinta ja kulutus [verkojulkaisu]. ISSN=1799-795X. 4. vuosineljännes 2017, Liitekuvio 14. Energian loppukäyttö sektoreittain 2017**. URL: http://www.stat.fi/til/ehk/2017/04/ehk_2017_04_2018-03-28_kuv_014_fi.html (viitattu 03.07.2019).

– (2019). *Energian kokonaiskulutus energialähteittäin (yksityiskohtaisesti)*. URL: http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ene__ehk/statfin_ehk_pxt_002.px/ (viitattu 08.07.2019).

Uski, V.-M. (2018). *Haastattelu 9.11.2018*.

Valmet (2017). *Valmet DNA Fuel Data Manager, myyntiesite*.

Vesala, T., Haila, Y., Korppi-Tommola, J., Kulmala, L., Lohila, A., Raivonen, M., Ruuhijärvi, R. ja Savolainen, I. (2010). Turpeen energiakäytön hyödyt ja haitat. *Suomalaisen tiedeakatemian kannanottoja* 1.2010. URL: <https://www.acadsci.fi/kannanottoja/turpeenenergiakaytto.pdf> (viitattu 24.09.2019).